This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Rosenkranz, W. 1875.

UC-NRLF
$B 120 703

Die

Prinzipien der Naturwissenschaft.

Von

Dr. Wilhelm Rosenkranz.

München.
Theodor Ackermann.
1875

Ex-libris
Charles Atwood
Kofoid

Prinzipienlehre.

Zweiter Theil.

Die Prinzipien der Naturwissenschaft

von

Dr. Wilhelm Rosenkranz.

München.

Theodor Ackermann.

1875.

Die

Prinzipien der Naturwissenschaft.

Von

Dr. Wilhelm Rosenkranz.

München.

Theodor Ackermann.

1875.

k-Q175
R6
Buf
416

Vorrede.

Die Naturforscher haben schon lange Zeit nur mehr mit Verachtung von der Philosophie gesprochen. Nun scheint aber doch die Zeit gekommen zu seyn, in der sie genöthigt sind, bei dieser für sie vermeintlich so überflüssigen Wissenschaft wieder Rath und Hülfe zu suchen.

Die Atomistik hat sich als nicht mehr ausreichend erwiesen. Die Bewegung der Atome und ihre Verbindung in den verschiedenen Formen der Körper sind nur durch Kräfte zu erklären, und die Entdeckung der Kräfteäquivalenz hat gezeigt, daß in der Natur ein Austausch von verschiedenen Wirkungen einer und derselben Kraft sowie auch von verschiedenen Kräften stattfindet, welche einander in bestimmten Quantitäten ebenso vertreten, wie die Grundstoffe bei ihrer chemischen Verbindung nach den Aequivalentzahlen ihrer Atomgewichte, dann daß jeder Körper einen Vorrath von Kräften in sich verbirgt, welche in einem bestimmten Verhältnisse zu seiner Masse und der Art seiner chemischen Zusammensetzung stehen und bei seiner chemischen Auflösung sofort in Wirksamkeit treten. Wie die Chemie alle Stoffe in sogenannte einfache oder Grundstoffe aufgelöst hat, so sollen nun alle Wirkungen in der Natur auf gewisse Grundkräfte als letzte Ursachen zurückgeführt und die Gesetze erforscht werden, nach welchen diese Grundkräfte wirken. Man braucht also neben dem atomistischen Systeme noch ein dynamisches.

Allein abgesehen davon, daß man bei dieser Nebeneinanderstellung beider Systeme genöthigt ist, die Kräfte von den Stoffen

M375473

zu unterscheiden, jene stofflos und diese kraftlos zu denken, und dann nicht mehr zu begreifen vermag, wie die Kräfte auf die Stoffe sollten wirken können, findet sich auch in der Empirie kein Weg zu den Prinzipien eines dynamischen Systems. Die sogen. mechanischen Wärmetheorien haben ungeachtet aller Anstrengung bisher hiefür soviel wie nichts geleistet. Man ist noch immer auf keine Grundkraft gekommen, sondern hat nur von Kant her noch die Begriffe der „Repulsion" und „Attraktion". Mit diesen allein hat man sich aber lange genug vergebens bemüht, eine brauchbare Dynamik zu Stande zu bringen. Trotz den komplizirtesten Hypothesen ist es daher noch nicht einmal gelungen, den Uebergang eines Stoffes aus einem Aggregationszustande in einen andern begreiflich zu machen, und nirgends zeigt sich eine Hoffnung, das Wirken einheitlicher Ursachen in den verschiedenen physikalischen Prozessen der unorganischen Natur nachweisen oder gar den undurchdringlichen Schleier lüften zu können, welcher das Geheimniß des organischen Lebens umhüllt.

Im Folgenden wird es nun unsere Aufgabe seyn, die Grundkräfte in der Natur abzuleiten und als die wahren Prinzipien der Naturwissenschaft zu erweisen, indem wir zeigen, wie sich sowohl die Stoffe auf sie zurückführen als die physikalischen Prozesse in der unorganischen Natur aus ihnen erklären lassen, und wie auch die Erscheinungen des organischen Lebens durch ihr Zusammenwirken entstehen, wobei sich ihre Wirkungsweise bei der Bildung der Stoffe und in den einfachen physikalischen Prozessen nur auf höheren Stufen und nach den nemlichen Gesetzen wiederholt.

Obwohl die Grundlage, welche hiedurch für die fernere Behandlung der Naturwissenschaft gewonnen ist, sich uns als eine nothwendige erwiesen hat, so daß wir kein Bedenken tragen, sie für alle Zukunft als eine unverrückbar feststehende zu betrachten, so wagen wir doch die von uns unternommene Ausführung des Systems vorerst nur einen Versuch zu nennen. Um die Anwendbarkeit unserer Prinzipien im Einzelnen zu zeigen, waren wir vielfach genöthigt, die Ergebnisse der empirischen Naturforschung eingehend zu erörtern. Hier gibt es aber gar Manches, was seine Aufklärung erst in der Zukunft zu erwarten hat. Zudem läßt sich bei dem gegenwärtigen Umfange der Naturwissenschaft

eine genaue und vollständige Kenntniß der bisherigen Erfahrungen in allen ihren Zweigen selbst von Demjenigen kaum mehr erwarten, welcher sich dieselbe zur ausschließlichen Lebensaufgabe gemacht hat. Einzelne Mängel, welche sich etwa in der Ausführung entdecken sollten, können aber das System im Ganzen nicht erschüttern. Möge das hohe Interesse, welches die Sache verdient, eine lebhafte Theilnahme der Naturforscher erwecken, und der Bau, den wir nur mit schwachen Kräften begonnen haben, von Solchen, welchen die erforderlichen Kenntnisse hiefür in höherem Maße zu Gebote stehen, recht bald fortgesetzt und zur Vollendung gebracht werden.

München den 4. Juni 1874.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichniß.

Seite

I. Die Vorausſetzungen der empiriſchen Naturwiſſenſchaft. § 1 . . . 1
II. Aufgabe der philoſophiſchen Naturlehre. § 2 8
III. Ausgangspunkt der philoſophiſchen Naturlehre. § 3 12
IV. Methode der philoſophiſchen Naturlehre. § 4 14
V. Entwicklung der Prinzipienlehre für die Naturwiſſenſchaft.
1. Stoff. § 5 16
A. Entſtehung des Stoffes.
a) Die atomiſtiſche und dynamiſche Theorie. § 6 18
b) Konſtruktion
α) des Stoffes überhaupt. § 7 23
β) der Verſchiedenheit der Stoffe. § 8 25
B. Die ſogenannten Grundſtoffe. § 9 33
C. Allgemeine Eigenſchaften der Stoffe.
a) Ableitung. § 10 35
b) Die Schwere insbeſondere. § 11 37
D. Die Aggregationszuſtände der Stoffe. § 12 40
a) Flüchtige Stoffe. §. 13 44
b) Flüſſige Stoffe. § 14 47
c) Feſte Stoffe. § 15 50
α) Formen der feſten Stoffe (Kryſtalle). § 16 53
AA. Atomiſtiſche Erklärungsverſuche. § 17 54
BB. Dynamiſche Kryſtallogenie. § 18 61
aa) Allgemeine Geſetze der Kryſtalliſation. § 19 . 64
bb) Ableitung der verſchiedenen Kryſtallformen.
αα) der Grundformen. § 20 67
AAA. der vollkommen regulären. § 21 . 69
BBB. der minder regulären. § 22 . . 71
ββ) der ausgebildeten Kryſtalle. § 23 . . . 75
2. Kraft
A. im Allgemeinen. § 24 83

Seite

B. Grundkräfte. § 25 85
C. Aequivalenz der Grundkräfte. § 26 86
D. Berechnung der Grundkräfte. § 27 93
E. Wirkungen der Grundkräfte. § 28 95
a) in einem und demselben Körper.
α) Elastizität. § 29 97
β) Wärme.
AA. Das Wesen der Wärme. § 30 102
BB. Wärmestrahlung. § 31 104
CC. Reflexion, Absorption u. Transmission der Wärme. § 32 107
DD. Wärmequellen. § 33 112
γ) Licht.
AA. Unzulänglichkeit der bisherigen Begriffsbestimmungen. § 32 116
BB. Das Wesen des Lichtes. § 35 123
CC. Strahlung des Lichtes. § 36 124
DD. Farben. § 37 128
EE. Polarisation des Lichtes. § 38 130
FF. Wirkungen des Lichtes. § 39 134
b) in verschiedenen Körpern. § 40 138
α) Magnetismus. § 41 139
β) Elektrizität. § 42 142
γ) Chemismus. § 43 146

3. Leben.

A. Das Leben der Natur im Allgemeinen. § 44 152
a) Der Weltbau
α) nach der Erfahrungswissenschaft. § 45 153
β) Konstruktion. § 46 159
b) Die Bewegung der Weltkörper. § 47 164
c) Die Bildung der Erde. § 48 167

B. Das Leben der organischen Natur. § 49 168
a) Die Entstehung des organischen Lebens.
α) Ergebnisse der empirischen Naturforschung.
AA. über die Annahme einer Urzeugung gegenüber der Entstehung aus präformirten Keimen. § 50 . . 169
BB. über die Entstehung des Organischen aus dem Unorganischen. § 51 174
β) Die Hypothese einer besonderen Lebenskraft. § 52 . . 179
γ) Konstruktion.
AA. Die Bedingungen zur Entstehung des organischen Lebens. § 53 181
BB. Die Erschaffung der organischen Zelle. § 54 . . 183
b) Die Entwicklung des organischen Lebens.
α) Ernährung und Athmen. § 55 185

Seite

β) Zeugung. § 56 190

γ) Der Stufengang organischer Formen.

AA. Die Ansichten der älteren Empiriker. § 57 . . . 195

BB. Die Lehre Darwins. § 58 198

CC. Konstruktion. § 59 203

DD. Die Steigerung des Lebens in der organischen Natur. § 60 204

EE. Die Reiche in der organischen Natur. § 61 . . 207

aa) Das Pflanzenreich. § 62 207

bb) Das Thierreich.

αα) Unterschied zwischen Thier und Pflanze. § 63 208

ββ) Thierische Organisation. § 64 210

γγ) Thierische Bewegung. § 65 212

δδ) Thierische Empfindung. § 66 213

FF. Der Mensch. § 67 216

I. Die Voraussetzungen der empirischen Naturwissenschaft.

§ 1.

Die aus der Erfahrung sich entwickelnde Naturwissenschaft muß von bestimmten Voraussetzungen ausgehen, welche sie selbst nicht mehr zu begründen vermag, die ihr aber so nothwendig sind, daß sie ohne dieselben gar nicht anfangen könnte. Von diesen Voraussetzungen hängt auch das Maß ihrer Fortschritte ab. Denn mag sich der Kreis ihrer Erfahrung erweitern, soviel er will, so braucht sie doch zum Verständnisse des Erfahrenen immer Begriffe, welche sie sich in ihren Voraussetzungen schon gebildet haben muß. Die Naturforscher sind sich gar oft hierüber nicht klar. Es wird daher gut seyn, diesen wichtigen Punkt vorerst näher in's Auge zu fassen.

Der Weg des Erkennens geht in der Naturwissenschaft vom Einzelnen durch das Besondere zum Allgemeinen. Man muß zuerst die Naturerscheinungen sammeln, das Gleichartige vom Ungleichartigen in ihnen ausscheiden und durch Eintheilung der Dinge in ihre Gattungen und Arten einen Ueberblick über das Ganze zu gewinnen suchen. Dann erst kann man daran gehen, die Ursachen kennen zu lernen und hieraus die verschiedenen Erscheinungen zu erklären. Mit der ersten Aufgabe befaßt sich die Naturgeschichte, mit der zweiten die Physik im weiteren Sinne.

Wollte die Naturgeschichte sich bloß an die äußere Erscheinung halten, so wäre sie beständig in Gefahr, das zufällig Allgemeine mit dem wesentlich Allgemeinen zu verwechseln. Statt durch eine richtige Verbindung und Trennung die Ordnung in der Natur erkennbar zu machen, käme sie zu einer Eintheilung,

wodurch der natürliche Zusammenhang der Dinge zerrissen würde. Der Grund des Allgemeinen liegt in den gemeinschaftlichen Ursachen. Jede Ursache wirkt verschieden, jenachdem sie durch eine andere Bedingung in Wirksamkeit gesetzt wird. Der elektrische Strom z. B. bewirkt an der Löthstelle differenter Metalle bald Wärme, bald Kälte, das Licht bald Verbindung, bald Trennung von Stoffen. Jede Wirkung verhält sich auf diese Weise zu ihrer Ursache in der Natur wie Besonderes zu Allgemeinem, und die verschiedenen Erscheinungen in der Natur lassen sich nur deshalb auf Allgemeines zurückführen, weil sie aus gemeinschaftlichen Ursachen entstanden sind. Die Naturgeschichte kann sich daher nicht von der Physik getrennt entwickeln, sondern muß beständig auf deren Ergebnisse Rücksicht nehmen, um nur die Naturerscheinungen richtig klassifiziren zu können. Sie ist ganz und gar von der Physik abhängig und muß darum auch allen Voraussetzungen, welchen diese unterliegt, selbst unterliegen.

Die allgemeinen Ursachen, welche die Physik bisher zur Erklärung der Naturerscheinungen aufzufinden vermochte, sind gewisse Stoffe und Kräfte. Die Physik im weiteren Sinne gestaltete sich, indem sie die Stoffe und die Gesetze ihrer Verbindung und Trennung zu erforschen strebte, zur Chemie, und indem sie die Kräfte und die Gesetze ihres Zusammenwirkens zum Gegenstande ihrer Untersuchung machte, zur Physik im engeren Sinne. Als dritter Theil kommt hiezu noch die Physiologie, welche die Erscheinungen des organischen Lebens zu erklären sucht. Hiefür wollten zwar die als Ursachen in der übrigen Natur bisher erforschten Stoffe und Kräfte nicht mehr genügen, weshalb man außerdem noch eine eigenthümliche „Lebenskraft" zu Hülfe nehmen zu müssen glaubte. Da man sich aber weder von dieser Kraft an sich, noch von der Art und Weise ihres Wirkens eine bestimmte Vorstellung machen konnte, verwarf man dieses Auskunftsmittel wieder, und blieb bei der Forderung stehen, daß die Physiologie die Erscheinungen des organischen Lebens aus den nemlichen Ursachen zu erklären habe, wie die Erscheinungen in der unorganischen Natur. — Alles soll daher in der Natur aus gewissen Stoffen und Kräften erklärt, diese Stoffe und Kräfte sollen durch fortgesetzte Auflösung und Zurückführung auf immer einfachere möglichst

vermindert und alle Verschiedenheiten in der Natur zuletzt aus bloßen Unterschieden in Zahl und Maß der mit einander verbundenen Stoffe und der auf einander wirkenden Kräfte begreiflich gemacht werden.

Kant hat bereits[1]) den Satz ausgesprochen, daß in jeder Naturlehre nur soviel eigentliche Wissenschaft anzutreffen sey, als darin Mathematik angewendet werden könne. Ganz und gar wird sich jedoch die Naturwissenschaft nicht in Mathematik umwandeln lassen. Denn die Mathematik bezieht sich nur auf die Größenverhältnisse; das Substanzielle aber, was in diesen Größenverhältnissen existirt, ist von der Mathematik ausgeschlossen. Mag es auch der Physik gelingen, die Zahl der einfachen Stoffe und Kräfte noch so sehr zu verringern, so werden doch beide immer von ihren Größenverhältnissen unterschieden, die Stoffe und Kräfte als das seinem Begriffe nach Gleichbleibende und nur deren Größenverhältnisse als dasjenige, was den Unterschieden von Zahl und Maß unterliegt, gedacht werden müssen.

Während man nun aber die Mathematik als eine aus reiner Vernunft entwickelte Wissenschaft zur Erlangung der naturwissenschaftlichen Erkenntniß allgemein für nothwendig erachtet, wird im Uebrigen und namentlich, was die Erforschung des Substanziellen und der wirkenden Ursachen in der Natur selbst anbelangt, von den empirischen Naturforschern gewöhnlich behauptet, daß die Naturwissenschaft sich jeder Annahme aus reiner Vernunft zu enthalten und ihre Lehrsätze einzig und allein aus beobachteten Thatsachen durch ein nach den Regeln der Logik verfahrendes Denken abzuleiten habe[2]). Damit beweist man jedoch nur, daß

---

[1]) In der Einleitung zu seinen „metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft".

[2]) Unsere Physiker wiederholen immer die Worte Baco's (Novum organum scient. II, 10): neque fingendum aut excogitandum, sed inveniendum, quid natura faciat aut ferat. Sie nennen die Naturphilosophie eine „bloße Dichtung", und verstehen nicht den Ausspruch Schellings (in s. s. Werken I Abth. Bd. VII S. 145): „Auch Poesie ist die Philosophie, aber sie sey keine vorlaute, nur aus dem Subjekt schallende, sondern eine innerliche, dem Gegenstand eingepflanzte". Auch Baco gestattet der Vernunft, in der Naturwissenschaft ein Wort mitzusprechen. Er betrachtet es als ihre Aufgabe, die dunkle Sprache der

man sich über die Möglichkeit einer Erzeugung des Wissens aus der Erfahrung überhaupt in Unwissenheit befindet.

Es handelt sich um die allgemeinen Begriffe, deren die Naturwissenschaft bedarf, um aus ihnen ihre obersten Lehrsätze entwickeln zu können, und welche daher mit Recht die Anfangsgründe oder Prinzipien der Naturwissenschaft genannt werden. Befindet sich das Denken einmal im Besitze dieser allgemeinen Begriffe, dann ist es ihm leicht, aus ihrem Inhalte die Prämissen zu den Syllogismen sowie die erforderliche Grundlage für die mathematischen Konstruktionen in der Naturwissenschaft zu gewinnen. Zur Auffindung dieser allgemeinen Begriffe gibt dagegen die Logik dem Denken kein Mittel an die Hand. Der kategorische Schluß, welcher hier zunächst in Betracht gezogen werden könnte, setzt den Ober- und Mittelbegriff schon in seiner ersten Prämisse voraus und will nur durch den Mittelbegriff zeigen, daß der Oberbegriff dem Unterbegriff zukomme. Der Induktionsschluß, von welchem in der Naturwissenschaft so häufig Gebrauch gemacht wird, setzt gleichfalls den Oberbegriff schon als bekannt voraus und will nur durch eine möglichst vollständige Aufzählung der zum Mittelbegriffe gehörigen Unterbegriffe zeigen, daß der Oberbegriff dem Mittelbegriffe zukomme. Auch für die empirische Naturwissenschaft gibt es daher keinen anderen Weg zu den prinzipiellen Begriffen, als das spekulative Denken. Dieses ist es, was schon Baco bei seiner neu erfundenen Induktionsweise allein im Sinne haben konnte[3]), und in der That

---

Natur auszulegen. Nur, meint er, solle ihr Mitsprechen kein vorlautes seyn; sie solle sich nicht einbilden, die Natur zu verstehen, ehe sie in der Erfahrung deren Stimme vernommen hat. — L. c. I, 26: Rationem humanam, qua utimur ad naturam, anticipationes naturae (quia res temeraria est et praematura), at illam rationem quae debitis modis elicitur a rebus, interpretationem naturae, docendi gratia, vocare consuevimus.

[3]) L. c. I, 105: Inductio quae procedit per enumerationem simplicem, res puerilis est, et precario concludit et periculo exponitur ab instantia contradictoria, et plerumque secundum pauciora quam par est, et ex his tantumodo, quae praesto sunt, pronunciat. At inductio, quae ad inventionem et demonstrationem scientiarum et artium erit utilis, naturam separare debet per rejectiones et exclusiones debitas, ac deinde post

haben auch die empirischen Naturforscher bei der Bestimmung ihrer allgemeinen Begriffe bisher immer diesen Weg eingeschlagen, indem sie sich für jeden solchen Begriff verschiedene Möglichkeiten erdachten und es auf den Erfolg ankommen ließen, welche davon sich als die der Wirklichkeit entsprechende erweisen werde. Man wählte vorläufig diejenige Möglichkeit, welche die größte Wahrscheinlichkeit für sich hatte, legte aber derselben nur den Werth einer Hypothese bei, d. h. einer Annahme, die nur solange festzuhalten ist, als sie nicht mit einer Erfahrungsthatsache in Widerspruch geräth. Solche Hypothesen sind z. B. die Annahme des Kopernikus, daß sich die Erde in einem jährlichen Kreislaufe um die Sonne bewege, zur Erklärung der scheinbaren Bewegungen der Sonne und der übrigen Planeten, — die atomistische Theorie, nach welcher man sich die Grundbestandtheile der Stoffe als kleine, untheilbare Körper von bestimmtem Gewichte denkt, um die chemische Verbindung der Stoffe in den stöchiometrischen Verhältnissen erklären zu können, — die Undulationstheorie, nach welcher sich das Licht durch Wellenbewegung des Aethers fortpflanzt, — die Annahme getrennter Flüssigkeiten, welche durch ihr Streben nach Wiedervereinigung die Erscheinungen der Elektrizität und des Magnetismus hervorrufen, u. s. w. — Alle diese Hypothesen enthalten Begriffsbestimmungen, welche zu ihrem Verständnisse selbst wieder der Zurückführung auf höhere, allgemeinere Begriffe bedürfen. So gelang es z. B. für die Fortpflanzung des Schalles, der Wärme und des Lichtes einen allgemeineren Begriff der Wellenbewegung aufzustellen, welche in diesen drei Erscheinungen die gleichen Gesetze befolgt, sich aber in ihnen durch die Schnelligkeit der Schwingungen unterscheidet. Bei anderen Hypothesen vermuthete man zwar einen inneren Zusammenhang, war aber nicht im Stande, hierüber eine bestimmte Vorstellung zu gewinnen. So bezweifelt z. B. heutzutage wohl kein Physiker mehr, daß die Erscheinungen des Magnetismus, der Elektrizität und des Chemismus unter sich zusammenhängen. Ein Eisenstab kann dadurch, daß man einen elektrischen Strom in senkrechter Richtung über ihn

---

negativas tot, quot sufficiunt, super affirmativas concludere. — Vgl. über die Methode des spekulativen Denkens die Einleitung in des Verfassers: „Wissenschaft des Wissens" Bd. I S. 101–103.

leitet, magnetisch gemacht, und umgekehrt kann durch einen um seine Axe rotirenden Magneten in einem damit verbundenen elektrischen Leiter ein elektrischer Strom hervorgerufen werden. Die Elektrizität bewirkt ferner chemische Verbindung und Trennung und umgekehrt zeigt sich jeder chemische Proceß mit Elektrizitätserscheinungen verbunden. Ueber den Grund dieses Zusammenhanges ist sich jedoch die Physik zur Zeit noch nicht klar. Sie erwartet eine neue Hypothese, welche es ihr möglich machen soll, die Erscheinungen des Magnetismus, der Elektrizität und des Chemismus aus einem gemeinschaftlichen Gesichtspunkte abzuleiten, und verspricht sich hievon zugleich eine höhere Erkenntniß von dem Wesen aller drei Erscheinungen. Ein Blick in die Geschichte der Naturwissenschaft zeigt, daß alle wahren Fortschritte in dieser Wissenschaft auf Hypothesen beruhen, während die Anwendung der Hypothesen auf die einzelnen Naturerscheinungen lediglich in Folgerungen bestand, welche sich aus den hypothetisch angenommenen Begriffen von selbst ergaben. Die Sammlung und Vergleichung der einzelnen Erscheinungen nebst den mehr oder minder zufällig damit verbundenen Entdeckungen hat die Naturwissenschaft dem unermüdlichen Fleiße sämmtlicher Forscher zu verdanken, welche an den Beobachtungen Theil nahmen. Die Begriffe aber, von welchen das Verständniß des Beobachteten abhängt, sind das Erzeugniß weniger Männer von hervorragender genialer Begabung, welche im Stande waren, das Wahre zu ahnen und in ihrem Denken der Erfahrung vorauszueilen.

Alle prinzipiellen Begriffe in der empirischen Naturwissenschaft beruhen dem Bisherigen gemäß auf hypothetischen Annahmen. Manche von diesen Begriffen sind so unbestimmt, daß sie in Wahrheit gar nicht Begriffe, sondern nur dunkle Vorstellungen genannt zu werden verdienen. So hat man z. B. mancherlei Gesetze über die Schwere, das Licht und die Wärme erforscht. Was dagegen das Wesen von Schwere, Licht und Wärme betrifft, so findet sich in den Lehrbüchern der Physik das unumwundene Geständniß, daß dieses gänzlich unbekannt sey. Andere Begriffe, und zwar gerade die allgemeinsten von Stoff und Kraft, welche zu jeder Naturforschung so nothwendig sind, daß ohne sie gar kein Vorgang in der Natur gedacht werden kann,

enthalten in der Art, wie sie gewöhnlich bestimmt werden, offenbare Unrichtigkeiten und Widersprüche[4]). Im Uebrigen endlich entbehrt die empirische Naturwissenschaft wenigstens in sich selbst eines sicheren Prüfsteins für die Vollständigkeit und Richtigkeit der Bestimmungen ihrer prinzipiellen Begriffe.

Die Empiriker vertrösten sich auf die künftigen Fortschritte ihrer Wissenschaft, indem sie meinen, durch die Erfahrung werde sich am Ende schon herausstellen, welche Begriffsbestimmungen sich durch ihre Anwendbarkeit in allen möglichen Fällen bewähren, und welche als unhaltbar aufgegeben werden müssen. Allein die Naturwissenschaft ist, um brauchbare Prinzipien zu erlangen, genöthigt, die Erfahrung zu übersteigen und Begriffe zu bilden, welche direkt durch die Erfahrung gar niemals bestätigt werden können. Man denke z. B. nur an die Voraussetzungen des dynamischen und des atomistischen Systems. Ferner kann sich die Naturwissenschaft auch nicht, soweit sie ihre Begriffe aus der Erfahrung gebildet hat, damit begnügen, bloß die der Erfahrung widersprechenden Begriffsbestimmungen auszustoßen. Denn damit, daß sich eine Begriffsbestimmung als unrichtig erweist, hat man noch nicht die richtige gewonnen. Jeder besondere Begriff enthält nur eine weitere Bestimmung eines allgemeinen Begriffes. Nur die besondere Bestimmung eines jeden Begriffes kann zunächst aus der Erfahrung genommen werden; seine allgemeine Bestimmung gehört dem nächst höheren Begriffe an und muß in diesem schon vorausgehen, wenn aus ihr der besondere Begriff gebildet werden soll. Jemehr sich also die Naturwissenschaft über ihre allgemeinen Begriffe im Unklaren befindet, und je höher sie auf der Leiter der Begriffe emporsteigen muß, um die Mängel und Unrichtigkeiten in ihren Begriffsbestimmungen zu verbessern, desto schwerer wird es ihr, die richtigen Bestimmungen zu erlangen und bei den allgemeinsten Begriffen, welche gar nichts der Erfahrung Entnommenes mehr enthalten, ist ihr endlich die Möglichkeit einer Bestimmung derselben gänzlich entzogen. Wenn sie also nicht von vorneherein falsche Wege einschlagen will, wird

---

[4]) Zum Beweise hiefür verweisen wir auf die Analytik in unserer „Wissenschaft des Wissens" Bd. II. S. 303 u. f.

ihr wie jeder anderen Wissenschaft vor Allem an der Berichtigung und Sicherstellung ihrer Prinzipien gelegen seyn müssen, und ist sie nicht im Stande, hiefür selbst zu sorgen, so entsteht die Frage, ob es nicht etwa eine andere Wissenschaft gibt, welcher die Mittel hiefür in höherem Maße zu Gebote stehen, als der empirischen Naturwissenschaft.

II. Aufgabe der philosophischen Naturlehre.

§ 2.

Die Philosophie hat zur Aufgabe, die prinzipiellen Begriffe der empirischen Naturwissenschaft, welche in dieser auf bloßen Voraussetzungen beruhen, aus einem höheren Prinzip abzuleiten.

Sie verfährt hiebei nicht, wie oft Solche behaupten, welche die Philosophie gar nicht kennen, ohne alle Erfahrung, sondern geht, wie wir schon in Theil I. § 2 gezeigt haben, gleich der empirischen Naturwissenschaft selbst von der Erfahrung aus, und zwar in einem weiteren Umfange, als diese. Sie benützt nicht bloß wie die Naturwissenschaft die äußere Erfahrung, sondern auch die innere, nur in anderer Weise. Während aber das spekulative Denken des Naturforschers lediglich in den Naturerscheinungen seine Grundlage findet, erhebt sich die philosophische Spekulation auf der breitesten Basis alles Seyenden. Der Gesichtskreis der Philosophie ist daher ein viel weiterer, als der jeder anderen besonderen Wissenschaft und durch ihre höhere Stellung vermag die Philosophie in der Region der allgemeinen Begriffe selbst dann noch Licht zu gewinnen, wenn sich der Horizont der empirischen Naturwissenschaft bereits vollkommen verdunkelt hat. Auch die Methode der philosophischen Spekulation ist endlich sehr verschieden von den Hypothesen des empirischen Naturforschers. Während dieser sich immer mit dem Aussinnen einer bloßen Möglichkeit begnügt, ist das spekulative Denken des Philosophen darauf gerichtet, das gesammte Reich von Möglichkeiten stufenweise zu erforschen und durch Ausschluß aller bloßen Möglichkeiten von einer Stufe zur andern zur Nothwendigkeit und mit dieser zu einem an sich gewissen Prinzip zu gelangen, wodurch es die Gewalt erhält, allem demjenigen, was es als nothwendig aus

diesem Prinzip abzuleiten vermag, gleichfalls volle Gewißheit zu verleihen. Ist die Philosophie im Stande, die Prinzipien der Naturwissenschaft auf diese Weise abzuleiten, dann muß sie auch im Stande seyn, die bisher von der Empirie gebildeten prinzipiellen Begriffe zu berichtigen, zu vervollständigen und der empirischen Wissenschaft hierüber die erforderliche Sicherheit zu gewähren.

Die Abneigung, mit welcher jetzt die Empiriker jeder Einmischung der Philosophie durch „Konstruiren a priori" auf ihrem Gebiete entgegenkommen, ist allgemein bekannt. Sie beruht indessen nur auf einem Vorurtheile, und darf uns von der Erfüllung unserer Aufgabe nicht abhalten. Die jetzige Zeit ist gewohnt, Alles nach seinem äußerem Erfolge zu beurtheilen. Entspricht in dieser Hinsicht etwas nicht sogleich den gehegten Erwartungen, so wird es verworfen, und den Wenigsten scheint die Sache noch eines Versuches werth. Schelling, dem die Naturphilosophie ihr Aufblühen in neuerer Zeit vorzüglich zu verdanken hatte, unterließ es, seine großartigen Gedanken in einer Weise zu entwickeln, daß sie für die Empirie fruchtbringend hätte werden können, und wendete sich gerade zu der Zeit, in welcher die empirische Naturforschung den mächtigsten Aufschwung nahm, anderen Forschungen zu. Die Empiriker mögen die Ergebnisse der schelling'schen Naturforschung mit Recht als ungenügend bezeichnen. Gerade darin liegt für die Philosophie die Aufforderung, sich der noch ungelösten Aufgabe von einem höheren Standpunkte aus neuerdings zu unterziehen.

Durch die falsche Auffassung der Naturphilosophie ist es ferner üblich geworden, die empirische Naturwissenschaft die exacte zu nennen, gleich als ob nur diese im Stande wäre, genaue Resultate zu erzielen, den Lehrsätzen der Naturphilosophie dagegen nur eine beiläufige Richtigkeit zukäme. Schon Aristoteles behauptet mit Recht, daß diejenigen Wissenschaften, welche sich mit den Principien befassen, die genauesten seyen [1]). Denn diese bedienen sich zu ihren Konstruktionen der einfachsten Begriffe, welche das Denken dadurch, daß sie ihm nicht das geringste Schwanken zwischen verschiedenen Möglichkeiten gestatten, zu den schärfsten

[1]) Metaph. I cap. 2 § 9.

Bestimmungen nöthigen. Indem die empirische Naturwissenschaft ihre Lehrsätze auf Beobachtung nach Zahl, Maß und Gewicht mit mehr oder minder unvollkommenen Instrumenten gründet, ist sie gar oft genöthigt, von Ungenauigkeiten, sey es auch nur geringfügiger Art, absehen und sich mit bloßen Durchschnittsberechnungen begnügen zu müssen. Die Naturphilosophie kommt niemals in eine solche Lage, sondern ihre Begriffsbestimmungen sind so genau, daß sie jede, auch die geringste Abweichung hievon ausschließen. — Eine Unsicherheit ihrer Begriffsbestimmungen könnte sich nur dann ergeben, wenn sie es unternehmen würde, in das Detail der Naturerscheinungen einzugehen, und alle einzelnen Lehrsätze der empirischen Naturwissenschaft ohne die Erfahrung aus reiner Vernunft abzuleiten. Obgleich das Prinzip der Naturphilosophie an sich so beschaffen ist, daß sich aus ihm die ganze Natur konstruiren lassen muß, so ist doch die Ausführung dieser Konstruktion ohne äußere Anhaltspunkte dem menschlichen Geiste unmöglich. Die empirische Naturwissenschaft erkennt dasjenige am leichtesten, was sich als Besonderes unmittelbar aus dem beobachteten Einzelnen ableiten läßt. Je höher sie zum Allgemeinen emporsteigt, desto schwerer wird es ihr, hiefür Begriffe zu bilden. Bei der Naturphilosophie ist es gerade umgekehrt. Hier ist die Konstruktion der allgemeinsten Begriffe am leichtesten. Das Konstruiren wird aber mit dem Herabsteigen von dem Allgemeinen zum Besonderen immer schwerer, und zuletzt ist auch die stärkste Denkkraft nicht mehr im Stande, den Weg zu finden, welchen die Entwicklung der Natur in Wirklichkeit genommen hat, wenn er ihr durch gar keine äußere Anschauung mehr angedeutet wird. Die vollständige Erkenntniß der Natur ist daher durch beide Wissenschaften, in den Prinzipien durch die Naturphilosophie und in der Anwendung der Prinzipien auf die besonderen Naturerscheinungen durch die empirische Naturwissenschaft bedingt. Die Schwierigkeit der fortgesetzten Konstruktion im reinen Denken ist indessen kein Grund, die Ergebnisse der Naturphilosophie als unsicher zu bezeichnen. Denn insoweit die Naturphilosophie ihre Konstruktion wirklich zu Stande bringt, unterliegen alle konstruirten Begriffe in ihr einer inneren Nothwendigkeit, welche die Möglichkeit einer unrichtigen Bestimmung derselben ausschließt. Verliert sie aber den Faden der inneren Nothwendigkeit, welcher

sich durch die Reihe der konstruirten Begriffe hindurchzieht, dann ist für sie die Möglichkeit jedes weiteren Konstruirens zu Ende, und läßt sich ein Philosoph dessenungeachtet noch zu einer Behauptung über die nicht mehr konstruirbaren Gegenstände verleiten, dann werden sich diese Behauptungen sogleich durch den Mangel der Evidenz als unberechtigte erweisen. Wenn z. B. Hegel die Nichtexistenz eines Planeten zwischen Mars und Jupiter behauptete, ohne sie durch eine Konstruktion beweisen zu können, und dann zu seiner Beschämung noch im nemlichen Jahre die Entdeckung der Asteroiden ihren Anfang nahm, so darf eine solche Unvorsichtigkeit nur ihm, nicht der Naturphilosophie zur Last gelegt werden [2]).

Die Naturphilosophie braucht sich auch nicht auf das Detail der Naturlehre einzulassen, sondern sie hat ihrer Aufgabe genügt, wenn sie nur die prinzipiellen Begriffe entwickelt. Die weitere Entwicklung aus diesen kann sie dann der empirischen Naturwissenschaft überlassen. Auch unsere Konstruktion im gegenwärtigen Hauptstück wird im Ganzen diese Grenze nicht überschreiten. Um den Zusammenhang der konstruirten Begriffe mit der Erfahrung erkennbar zu machen, und den Empirikern die Anwendung derselben zu erleichtern, werden wir zwar auch das Besondere der Naturerscheinungen nach den Ergebnissen der empirischen Wissenschaft einigermaßen in den Kreis unserer Betrachtung ziehen. Die Erörterungen hierüber gehören aber nicht mehr zu unserer Konstruktion, sondern wir werden uns hiebei selbst auf dem Gebiete der Empirie bewegen und von hier aus Fäden aufwärts ziehen, um die nöthigen Anknüpfungspunkte mit unserer Konstruktion zu gewinnen. Der wissenschaftliche Werth dieser Erörterungen wird daher auch nur nach den Grundsätzen der empirischen Wissenschaft zu beurtheilen seyn, und die Evidenz des nothwendigen Zusammenhanges, wie er in der Konstruktion herrscht, kann ihnen selbstverständlich nicht zukommen.

---

[2]) Vgl. Schleiden: „Ueber den Materialismus der neueren deutschen Naturwissenschaft" ꝛc. 1863 S. 35.

III. Ausgangspunkt der philosophischen Naturlehre.

§ 3.

Die Natur ist für uns eine Erscheinung. Wer sie erklären will, muß sie daher als solche erklären. Es genügt also nicht die bloße Erklärung, wie die Dinge in der Natur entstanden sind, sondern es muß auch erklärt werden, wie es kommt, daß sie uns erscheinen, daß wir von ihnen wissen und sie uns vorstellen. In unserer Vorstellung streift die Natur ihre Körperlichkeit ab. Sie wird etwas Geistiges und fügt sich allen Formen, in welchen sich die Denkthätigkeit unseres Geistes bewegt. Sie bringt ferner ihre Erscheinung selbst hervor; denn sie erzeugt den Menschen, welchem sie zur Erscheinung wird.

Wie könnte nun die Natur Geistiges hervorbringen, wenn sie nicht ihrem Ursprunge nach selbst etwas Geistiges wäre? Wie könnten ferner die körperlichen Dinge in der Natur von uns gedacht werden und den Gesetzen des Denkens entsprechen, wenn sie nicht schon an sich etwas Gedachtes, d. h. durch ein Denken hervorgebracht wären, welches, als es sie hervorbrachte, die nemlichen Gesetze befolgte, welchen unser Denken gehorcht? — Wie der Keim einer Pflanze oder eines Thieres erst durch seine Entwicklung sein Wesen offenbart, indem er sein Inneres nach außen wendet, so erschließt sich auch der tiefste Grund der Natur erst in dem Höchsten und Edelsten, was die Natur auf der letzten Stufe ihrer Entwicklung zu Stande bringt, nemlich in dem Denkvermögen der menschlichen Seele. Der Materialismus hat sich bisher vergeblich bemüht, die Erscheinungen des Geistes aus der Materie zu erklären. Wir wollen nun zusehen, ob es nicht umgekehrt gelingt, die Erscheinungen der Materie aus dem Geiste zu erklären. Der Materialismus geht von der Annahme aus, daß außer der Materie nichts existirt. Wir dagegen halten an dem Satze fest, daß ursprünglich und in Wahrheit außer dem Geiste nichts existirt, und dieser Satz ist für uns keine grundlose Voraussetzung, sondern wer sich die Mühe nimmt, durch eine vollständige Analytik die letzte nothwendige Voraussetzung des menschlichen Wissens zu erforschen, dem ergibt sich als unabweisbare Folge

aus dem höchsten Prinzip, daß Alles durch ein schöpferisches Denken des göttlichen Geistes hervorgebracht ist. Dieses Denken ist das Prinzip der Naturphilosophie und der Punkt, von welchem ihre Konstruktion auszugehen hat.

Wer nicht im Stande ist, durch ein umfassendes analytisches Studium sich eine gründliche philosophische Bildung anzueignen, möge dieses göttliche Denken vorläufig bloß als eine Hypothese hinnehmen und zusehen, wie hieraus die gesammte Naturerscheinung ihre Erklärung findet. Auch Anaxagoras, als er den göttlichen Geist zum Prinzip der Naturerklärung erhob, konnte damit nur eine Hypothese im Sinne gehabt haben; denn zu einer wissenschaftlichen Feststellung fehlte es ihm an den erforderlichen Hülfsmitteln der Analytik, namentlich an der hinlänglichen Reflexion des Denkens, welche erst durch die deutsche Philosophie ausgebildet wurde. Doch rühmt von ihm Aristoteles, daß er zuerst wie ein „Nüchterner" seinen verstandlos redenden Vorgängern gegenüber gesprochen habe [1]). Die moderne Naturwissenschaft hat zwar den Gesichtskreis ihrer Erfahrungen in's Ungeheuere erweitert und dadurch große Entdeckungen gemacht, sie entbehrt aber bis jetzt noch ganz und gar einer eigentlichen Prinzipienlehre. Von der Fülle neuer Entdeckungen sind unsere Naturforscher bisweilen wie berauscht. Wenn sie aber auf die Prinzipien ihrer Wissenschaft zu sprechen kommen, vermögen sie sich nicht mehr zurecht zu finden und zeigen sich dann nicht selten wie sinnlos Taumelnde. Eine Kritik ihrer gewöhnlichen Voraussetzungen beweist, daß sie vielfach von dem, was sie als ausgemachte Wahrheiten betrachten, entweder gar keine oder nur unhaltbare Begriffe haben. Lassen sie sich dadurch ernüchtern, dann werden sie die Ueberzeugung gewinnen, daß die Hypothese des göttlichen Denkens, von der sie bisher glaubten, daß sie mit der Naturwissenschaft in keinem Zusammenhange stünde, allein die Prinzipien dieser Wissenschaft in's Klare zu bringen vermag.

---

[1]) Metaph. I cap. 3 ad fin.

IV. Methode der philosophischen Naturlehre.

§ 4.

Alles Denken, auch das göttliche, besteht in einer dreifachen Thätigkeit, einer bestimmbaren, einer bestimmenden und einer diese beiden miteinander verbindenden Thätigkeit. Aus der Natur dieser Thätigkeiten ergeben sich die logischen Gesetze [1]) und aus ihrer Verbindung nach den logischen Gesetzen die Formen des Denkens, wie sie die Logik entwickelt [2]).

Wie der Wille unseres Geistes alle drei Thätigkeiten in sich vereinigt und zum Denken gebraucht, so fällt auch bei dem göttlichen Denken ihre ursprüngliche Einheit in das göttliche Wesen und bildet hier, insoferne sie alle drei mit einander vereinigt, ein Wollen, das im Stande ist, durch Denken alles Mögliche hervorzubringen, also eine Macht, und insoferne darin alle drei vereiniget sind, ein Seyn, das die Bedingungen zu allem Möglichen enthält. Da dasjenige, was alle Bedingungen in sich schließt, selbst durch nichts mehr bedingt seyn kann, so müssen wir beide, die Macht und das Seyn unbedingt nennen.

Gleichwie ferner unser Geist nicht bloß sich selbst, sondern auch Anderes denkt, so kann auch die unbedingte Macht die drei göttlichen Denkthätigkeiten trennen und über das unbedingte Seyn hinaus bewegen. Sie werden dann zu schöpferischen Mächten und können durch ihre Wiedervereinigung außer Gott neues Seyn hervorbringen. Ihre ursprüngliche Einheit in Gott geht dadurch nicht verloren, sondern bildet auch nach ihrer Trennung noch als unbedingte Macht das Wirkende in ihnen und als unbedingtes Seyn dasjenige, was ihre Zusammengehörigkeit und ihr gegenseitiges Verhältniß bestimmt. Die unbedingte Macht verbindet sie als Mittel zu dem Zwecke des göttlichen Wollens. Ihr aus dem unbedingten Seyn entsprungenes Verhältniß bewirkt dagegen, daß sie nur auf bestimmte Weise als Mittel zu diesem Zwecke verbunden werden können.

Die unbedingte göttliche Macht ist frei, das unbedingte göttliche Seyn dagegen nothwendig. Alles, was daher in der

[1]) Anal. § 114 und f.
[2]) Anal. § 98.

Natur auf der unbedingten Macht beruht, erscheint als zufällig. Die Vernunft findet hiefür keinen Grund in sich. Was dagegen aus dem unbedingten Seyn stammt, ist gleichfalls nothwendig, und kann durch das Denken aus dem Verhältnisse der drei schöpferischen Mächte zu einander abgeleitet werden. Die Existenz der Dinge, oder daß sie sind, verdanken dieselben lediglich der unbedingten Macht; denn diese ist es, welche die schöpferischen Mächte aus ihrer ursprünglichen Einheit trennt und zur Hervorbringung des geschöpflichen Seyns in Wirksamkeit setzt. Hiefür findet sich daher kein anderer Grund als das göttliche Wollen. Das Wesen der Dinge, oder was sie sind, gründet sich dagegen auf das unbedingte Seyn. Denn in diesem ist bereits die Natur der schöpferischen Mächte nothwendig bestimmt. Es ist die Quelle der ewigen und unveränderlichen Naturgesetze, nach welchen die schöpferischen Mächte zur Hervorbringung jedes Dinges immer nur auf bestimmte Weise zusammenwirken können. Ist daher einmal der Zweck des Naturprozesses gegeben, dann muß sich auch die bestimmte Art und Weise des Zusammenwirkens der schöpferischen Mächte zur Erreichung dieses Zweckes, — d. h. es muß sich die ganze Reihenfolge der Begriffe aller derjenigen Dinge, welche durch den Naturprozeß hervorgebracht werden, aus dem göttlichen Denken ableiten lassen.

Es gab eine Zeit, in welcher die Naturphilosophie keine Möglichkeit vor sich sah, die Entstehung der Dinge begreiflich zu machen, und darum hauptsächlich nur auf die Erforschung der Zwecke bedacht war. Sie hielt es für genügend, zu wissen, wozu Gott alle Dinge erschaffen habe, und glaubte dann die Frage, wie sie erschaffen wurden, durch das Berufen auf die Allmacht Gottes abfertigen zu können. Dieser einseitigen Richtung gegenüber fordert die neuere Naturwissenschaft mit Recht, daß alles aus den wirkenden Ursachen erklärt werden müsse. Heutzutage scheint es sogar wieder Mode werden zu wollen, die Zweckursache in der Natur gänzlich zu läugnen. Auch die Naturphilosophie macht sich zur Aufgabe, die Natur durch Konstruktion aus den wirkenden Ursachen, und zwar aus den letzten wirkenden Ursachen, nemlich den drei schöpferischen Mächten zu erklären. Den Zweck braucht sie nur darum, weil ihr durch ihn erst die Aufgabe

der Konstruktion bestimmt und das Zukonstruirende bezeichnet werden muß [3]). Es ist auch nicht nothwendig, daß ihr jeder Gegenstand der Konstruktion besonders als Zweck vorgestellt wird, sondern es genügt der letzte Zweck des ganzen Naturprozesses, welcher darin besteht, die Einheit der getrennten drei schöpferischen Mächte außer Gott wieder herzustellen. Denn durch diesen Zweck sind bereits alle übrigen Zwecke in der Natur nothwendig bedingt [4]).

Die Naturphilosophie hat daher das Zusammenwirken der schöpferischen Mächte zu dem Zwecke der Wiederherstellung ihrer Einheit außer Gott darzustellen und auf diese Weise den Naturprozeß wenigstens in seinen Hauptmomenten zu konstruiren.

V. Entwicklung der philosophischen Naturlehre.

1. Stoff.

§ 5.

Mit den Definitionen des „Stoffes" oder der „Materie", wie sie sich gewöhnlich bei den Empirikern finden, z. B. die Materie sey dasjenige, „was wir durch unsere Sinne wahrnehmen" [1]), oder „was sich dem Tastsinne bemerklich macht" [2]), — ist uns gar nichts gedient. Denn abgesehen davon, daß es nach der eigenen Lehre der Empiriker nicht die Stoffe, sondern die Kräfte der äußeren Dinge sind, mit welchen wir durch unsere Sinne überhaupt und insbesondere auch durch den Tastsinn in Wechselwirkung stehen, erklären uns diese Definitionen eben nicht, was das ist, was wir durch unsere Sinne wahrnehmen. Ebenso ungenügend ist die Definition bei Ulrici [3]), sie sey „das Substrat der Naturerscheinungen", „das Erscheinende in den Erscheinungen". Denn wir erfahren dadurch nicht, was dieses „Substrat" und „Erscheinende" ist.

---

[3]) Anal. § 154.
[4]) Anal. § 140.

[1]) Eisenlohr: „Lehrb. der Physik" X. Aufl. 1870 S. 1.
[2]) Fechner: „Ueber die physikalische u. philos. Atomenlehre" 1855 S. 90.
[3]) „Gott und die Natur" 1862 S. 15.

Die Alten enthielten sich solcher nichtssagender Definitionen und erklärten die Materie als undefinirbar. Aristoteles weiß von ihr nur zu sagen, daß sie das Vermögen zu Allem sey und nur in Thätigkeit versetzt zu werden brauche, um alles Mögliche zu werden. Diese Erklärung mag Vielen dunkel vorkommen. Ein Blick in die Natur aber überzeugt uns von ihrer Richtigkeit. Welch' eine Fülle von Kräften schlummert nicht in der Materie schon auf der tiefsten Stufe ihrer Entwicklung? Die leiseste Berührung der Körper, ja oft schon ihre bloße gegenseitige Annäherung aus der Ferne reicht hin, diese Kräfte zu wecken und die verschiedenartigsten Aeußerungen von Thätigkeit in den Erscheinungen der Elastizität, der Wärme, des Lichtes, der Elektrizität und des Magnetismus, — freilich bisweilen nur dem geübten Auge des mit Instrumenten ausgerüsteten Physikers bemerkbar, — hervorzurufen. Welche Umwandlung der Materie zeigt sich uns ferner nicht in der organischen Natur? In der Pflanze sehen wir, wie sie wächst und sich zu den mannigfaltigsten Formen entwickelt, und im Thiere finden wir sie kunstvoll eingerichtet zu allen Verrichtungen des Lebens, Dinge außer ihr empfindend und sich nach ihnen bewegend. Wie verklärt erscheint uns endlich nicht die Materie im Menschen? Blicken wir in sein seelenvolles Auge, so leuchtet aus ihm Verstand und Wille uns sichtbar entgegen, und öffnet sich sein Mund zur Sprache, so verkündet er uns einen denkenden Geist!

Die Materie ist also allerdings etwas sehr Geheimnißvolles und mindestens schwer Definirbares. Anderseits ist aber eine richtige Bestimmung ihres Begriffes für die Naturwissenschaft von größter Wichtigkeit. Denn wenn die Materie die Grundlage enthält, aus welcher sich die ganze Natur bis zu ihrer höchsten Stufe entwickelt, so müssen die Bedingungen zu dieser Entwicklung bereits in ihrem Begriffe erkennbar hervortreten. Ihr Begriff bildet sohin gewissermaßen den Schlüssel zur Erkenntniß der Natur. „Die Materie", sagt Schelling[4]), „ist das allgemeine Samenkorn des Universums, worin alles verhüllt ist, was in den späteren Entwicklungen sich entfaltet. Gebt mir ein Atom Materie, und

[4]) „Ideen zu einer Philosophie der Natur" 1803. S. 315.

ich lehre euch das Universum daraus begreifen!“ — Die armselige Vorstellung, welche die Empirie nach der im nächsten § zu behandelnden atomistischen Theorie von der Materie besitzt, ist einer solchen Anforderung nicht von ferne gewachsen. Sie ist daher auch für die Naturwissenschaft gänzlich unfruchtbar, ja ein Hinderniß, welches ihre Fortschritte erschwert.

A. Entstehung des Stoffes.

a) Die atomistische und dynamische Theorie.

§ 6.

Die atomistische Theorie, welche gegenwärtig in der Naturwissenschaft beinahe die Alleinherrschaft errungen hat, nimmt an, daß jeder Körper aus kleinen, selbst durch das Mikroskop nicht mehr unterscheidbaren und nicht mehr weiter theilbaren Theilen (den sogen. Atomen) bestehe, welche durch Kräfte mit einander verbunden seyen.

Diese Theorie erklärt eigentlich den Stoff gar nicht, sondern setzt ihn in den Atomen schon voraus. Den Stoff aus kleinen Stofftheilen erklären, sagt Fechner[1]), heißt ein Haus nicht aus Steinen, sondern aus kleinen Häusern erbauen. Die Entstehung des Stoffes bedarf in der kleinsten Quantität ebenso nothwendig der Erklärung, wie in der größten. Es gehört eine große Rohheit im Denken dazu, wenn man diese Nothwendigkeit dadurch umgehen will, daß man die Atome ohne weiters für ewig erklärt[2]). Die Ewigkeit kann nur dem wahrhaft Einfachen zukommen. Solange aber die Atome einen Raum, sey es auch einen noch so kleinen, einnehmen, können sie nicht gedacht werden ohne Theile, nicht ohne eine Kraft, welche sie ausdehnt, damit sie nicht bei ihrer gegenseitigen Anziehung von einander erdrückt werden, und nicht ohne eine weitere Kraft, welche jedes von ihnen zusammenhält, damit es sich nicht in seiner Ausdehnung verflüchtige. Sie sind also nicht einfach.

Betrachtet man ferner die Kräfte, durch welche die Atome mit einander in Verbindung stehen, so hat man zu erklären,

[1]) A. a. O. S. 152.

[2]) Moleschott: „Der Kreislauf des Lebens“ IV Aufl. 1863 S. 40 u. 44.

1) wie die Kräfte zu den Atomen hinzukommen, und 2) wie es möglich ist, daß jene auf diese wirken. Der ersten Forderung kann man sich wieder nicht dadurch entziehen, daß man die Kräfte ewige Eigenschaften der Stoffe nennt[3]). Denn wenn auch wirklich beide ewig mit einander verbunden wären, müßten wir wenigstens den Grund dieser Verbindung kennen, und wenn der Atomistiker einen solchen Grund nicht anzugeben weiß, muß er sich gefallen lassen, von einer anderen Theorie, welche im Stande ist, beide auf einen gemeinschaftlichen Grund zurückzuführen, aus dem Felde geschlagen zu werden. So wenig wie die erste Forderung wird auch die zweite jemals von den Atomistikern erfüllt werden können. Denn es läßt sich nur begreifen, wie Kräfte auf Kräfte, nicht aber, wie solche auf Stoffe wirken können, wenn man sich nicht in diesen wieder Kräfte denkt, mit welchen die Stoffe den Kräften entgegenwirken[4]). Nimmt man aber auch in den Atomen Kräfte an, welche bei der Anziehung und Abstoßung der Atome durch äußere Kräfte diesen gleichfalls anziehend und abstoßend begegnen, dann hat es die Wissenschaft bei allen Erklärungen der Naturerscheinungen bloß mehr mit diesen Kräften zu thun, und die Annahme einer stofflichen Ausdehnung der Atome wird ganz überflüssig. Ampère, Cauchy und Séguin fanden sich deshalb veranlaßt, diese Annahme fallen zu lassen, und dachten sich die Atome nur noch als Mittelpunkte, von welchen aus ihre Kräfte wirken (centres d'action moléculaires), und auch deutsche Naturforscher, namentlich Frankenheim und Fechner, die eifrigsten Vertheidiger der atomistischen Theorie unter den deutschen Gelehrten, sahen sich genöthiget, dieser Ansicht beizutreten[5]). Nach dieser Auffassung bestünde der Stoff selbst aus Kräften, wie die dynamische Theorie behauptet, und von der atomistischen Theorie bliebe nichts mehr übrig, als die Vorstellung des Diskreten, nemlich der im Raume vertheilten Punkte, von welchen

---

[3]) Moleschott a. a. O. S. 355 u. f.

[4]) Anal. Bd. II S. 305. — Vgl. auch Hartmann: „Die Philosophie des Unbewußten" 1869 S. 415 u. f.

[5]) Frankenheim: „Die Lehre von der Cohäsion" ꝛc. 1835 S. 2. — Fechner a. a. O. S. 128 u. f.

aus und um welche die Erscheinung des Stoffes durch die Kräfte hervorgebracht wird[6]).

Die dynamische Theorie findet sich in den Lehrbüchern der Physik und Chemie fast überall nur flüchtig als eine einmal aufgetauchte Meinung erwähnt, welche durch die neueren Erfahrungen der Naturwissenschaft längst ihre Widerlegung gefunden habe. Unsere Empiriker scheinen übrigens diese Theorie nur in der Weise zu kennen, wie sie von Kant entwickelt wurde. Denn sie erwähnen immer nur die zwei Grundkräfte der Repulsion und Attraktion, welche Kant seiner Dynamik[7]) zu Grunde legte. Schelling hat jedoch gezeigt, daß diese zwei Grundkräfte nicht genügen, sondern daß es noch einer dritten Grundkraft bedürfe, welche er die „Schwere" nannte, und auf diese Weise der dynamischen Theorie eine neue Grundlage gegeben. Von unseren Empirikern weiß beinahe jeder über die Grundlosigkeit und Unbrauchbarkeit der schelling'schen Naturphilosophie viel zu sagen. Mit dem Durchlesen der Schriften dieses Philosophen scheint jedoch von ihnen kaum einer sich befaßt zu haben; denn sonst wäre es nicht zu erklären, wie diese wesentliche Umgestaltung der Dynamik, welche in mehreren Schriften Schellings wiederholt und namentlich in den Abschnitten über die Konstruktion der Materie enthalten ist[8]), folglich Jedem, der diese Schriften nur flüchtig durchliest, in die Augen fallen muß, den Verfassern der Lehrbücher so gänzlich unbekannt bleiben konnte!

Kant vermochte mit seinen zwei Grundkräften die Materie allerdings nur unvollständig zu konstruiren, und von den verschiedenen Erscheinungsformen derselben höchstens nur die Unterschiede der Dichtigkeit (des Grades der Raumerfüllung) begreiflich zu machen. Schon dem dynamischen Systeme Schellings kann der

[6]) Ein solcher „atomistischer Dynamismus" wurde seitdem auch von anderer Seite als das dem heutigen Stande der Wissenschaft angemessene System bezeichnet. — Hartmann a. a. O. S. 419.

[7]) in s. „metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft" II. Aufl 1787 S. 31.

[8]) „Erster Entwurf eines Systems der Naturphilosophie" S. 111, 315 u. 316 u. Einleitung hiezu S. 67 u. 82. — „System des transscendentalen Idealismus" S. 169 u. f. — „Zeitschrift für spekulative Physik" 1800 Bd. II Heft 2 S. 51, — 1802 Bd. II St. 2 §. VI.

nemliche Vorwurf, wenigstens in gleichem Maße, nicht mehr gemacht werden. Die Einwendungen, welche bisher gegen die Dynamik erhoben wurden, hat wohl in der Hauptsache am vollständigsten und gründlichsten Fechner[9]) zusammengestellt. Dieselben sind vorzugsweise darauf gerichtet, daß nach der dynamischen Theorie die Raumerfüllung durch die Materie eine kontinuirliche seyn sollte, während durch mehrfache Erfahrungen, namentlich über die Bewegungen des Lichtes und der Wärme dargethan sey, daß die Materie in Uebereinstimmung mit der atomistischen Theorie aus diskreten Theilen bestehe. Aus allgemeinen Gesichtspunkten hat die Polemik Fechners bereits eine sehr gediegene Würdigung von C. J. Braniß[10]) erfahren, auf dessen Abhandlung wir hier Bezug nehmen. Die auf bestimmte Erfahrungen gestützten Einwendungen werden wir an den geeigneten Orten, wenn wir auf die betreffenden Erscheinungen zu sprechen kommen, widerlegen. Wenn man ferner als die Vortheile des atomistischen Systems pries, daß nur sie allein im Stande sey, die bestimmten Verhältnisse, in welchen sich die verschiedenen Stoffe chemisch mit einander verbinden, sowie die Krystallformen der Stoffe zu erklären und die chemischen Verbindungen mit Hülfe arithmetischer Formeln zu berechnen, so wird sich aus dem Folgenden ergeben, daß nicht nur alle Erscheinungen, welche die atomistische Theorie zu erklären vermag, in der dynamischen ebenso gut ihre Erklärung finden, sondern daß auch außerdem durch die letztere Theorie noch gar Vieles begreiflich wird, was nach der atomistischen nicht begriffen werden kann, und daß auch die dynamische Theorie eine Berechnung der chemischen Verbindungen in gleicher Weise gestattet wie die atomistische. Wenn endlich Frankenheim[11]) die Atomistik mit einer Straße auf unwegsamen Gebiete vergleicht, die, wenn auch fehlerhaft angelegt, doch solange beibehalten werden müsse, bis eine bessere gebaut ist, so hoffen wir zu zeigen, daß sich mit Hülfe der Dynamik eine neue Straße bauen läßt, auf welcher das Ziel der Naturwissenschaft nicht bloß kürzer, sondern auch allein

[9]) in seiner bereits angeführten Schrift.

[10]) „Ueber atomistische und dynamische Naturauffassung" in den Abhandlungen der histor. philos. Gesellschaft in Breslau 1858 Bd. I S. 305.

[11]) A. a. O. S. 3.

sicher erreicht werden kann, während die Atomistik nur auf Um- und Abwege führt, und es dürfte dann wohl an der Zeit seyn, zu fragen, ob es sich nicht lohnen würde, den Bau dieser neuen Straße in Ausführung zu bringen.

Vorläufig wollen wir nur noch darauf hinweisen, welch' großes Gewicht in der Empirie auf die möglichste Einfachheit der Erklärungsgründe gelegt zu werden pflegt, und in dieser Hinsicht das Prinzip unserer Konstruktion mit den vielfachen Voraussetzungen vergleichen, deren die Atomistik bedarf, um ihren Erklärungsversuch beginnen zu können. Sie braucht

1) unendlich viele Atome, von welchen jedes gewissermaßen ein selbständiges Prinzip der Erklärung bildet.
2) Diese Atome sind unter sich nicht gleichartig, sondern gehören den Grundstoffen an, welche der Chemiker bei Auflösung der verschiedenen Körper in ihre Bestandtheile als nicht mehr weiter zerlegbar vorfindet. Sie werden deshalb von verschiedenem Gewichte und verschiedener Größe angenommen.
3) Um die Verbindung und Trennung der Körper eines und desselben Grundstoffes sowie verschiedener Grundstoffe erklären zu können, müssen den Atomen anziehende und abstoßende Kräfte beigelegt werden.
4) Die Elastizität der Körper nöthigt dazu, sich ihre Atome von einander entfernt und mit Zwischenräumen vorzustellen, welche man mit einer elastischen Flüssigkeit, dem sog. Äther ausgefüllt denkt. Jedes Atom in einem einfachen Stoffe soll hienach mit einer eigenen Atmosphäre und in einer Verbindung verschiedener Grundstoffe zu einem zusammengesetzten Körper jede Atomengruppe (jedes Molekül) von einer gemeinsamen Ätheratmosphäre umgeben seyn.
5) Um der atomistischen Grundanschauung treu zu bleiben, muß auch der Äther wieder als aus Atomen bestehend angenommen werden.
6) Da die Ätheratome sich unter einander nicht zu Körpern vereinigen, bedarf es zwischen ihnen keiner anziehenden Kraft. Weil sie sich aber um die Atome der Körper lagern, müssen sie sowohl diese anziehen als auch von ihnen ange-

zogen und müssen zur Erklärung dieser gegenseitigen Anziehung in beiden wieder neue Kräfte angenommen werden.

7) Weil ferner der Äther die Bestimmung hat, die Körperatome auseinander zu halten, müssen den Ätheratomen auch Kräfte der Abstoßung sowohl gegen die Körperatome als auch unter sich beigelegt werden.

8) Zur Erklärung des Zusammentreffens entgegengesetzter Kräfte in beiden sowie, woher es kommt, daß die Ätheratome nur die Körperatome, nicht aber sich unter einander anziehen, bedürfte es wieder neuer Hypothesen. Solche wurden aber bisher noch nicht erfunden.

9) Um endlich durch die Ätheratome nicht in der Berechnung des Gewichtes der Körper aus den Körperatomen gestört zu werden, darf man nur die letzteren als wägbar betrachten und müssen die ersteren als gewichtlos angenommen werden.

Alle diese Voraussetzungen muß man machen, wenn man sich nach der atomistischen Theorie einen Körper nur im Gleichgewichtszustande und mit der Möglichkeit äußerer Einwirkungen soll denken können. Finden dann wirklich solche Einwirkungen Statt, wird der Körper einer anderen Temperatur ausgesetzt, vom Lichte beschienen, in magnetischen oder elektrischen Zustand versetzt oder chemisch aufgelöst, dann sind zur Erklärung jeder neuen Erscheinung wieder weitere Hypothesen nothwendig, welche unabhängig von den bisherigen angenommen werden müssen. Unser System bedarf dagegen außer dem einzigen, im § 3 angegebenen Prinzip keiner weiteren Voraussetzung.

b) Konstruktion

a) des Stoffes überhaupt.

§ 7.

Die schöpferischen Mächte trennen sich aus ihrer ursprünglichen Einheit nur zu dem Zwecke ihrer Wiedervereinigung. Das Produkt, welches sie durch diese hervorbringen, ist der Stoff. Wir wollen nun betrachten, auf welche Weise jede einzelne schöpferische Macht zur Entstehung des Stoffes mitwirkt.

Die bestimmbare Macht wirkt durch ihre Ausbreitung. Sie erzeugt dadurch den Raum und erfüllt ihn zugleich. Auch

in unserem Denken ist es die bestimmbare Thätigkeit, welche den Raum in unserer Vorstellung erzeugt, und wenn wir den leeren Raum von dem durch die Körper eingenommenen unterscheiden, so unterscheiden wir nur diese unsere subjektive Denkthätigkeit, insoweit sie sich frei ausbreitet und insoweit ihr die objektive Ausbreitung des Stoffes hemmend gegenüber steht. Die bestimmende Macht wirkt dadurch, daß sie dem Wirken der ersten Macht eine Grenze setzt, die Raumerfüllung einschränkt. Die erste Macht bildet daher in dem Stoffe die Ursache seiner Ausdehnung, die zweite die Ursache seiner Einschränkung. Jeder Körper ist soweit ausgedehnt, als er die erste Macht unüberwunden in sich hat, und soweit eingeschränkt, als es der zweiten Macht gelungen ist, die erste in ihm zu überwinden. Die erste Macht ist daher die positive Ursache des Stoffes, während die zweite nur durch Negation zu seiner Entstehung mitwirkt. Da jedoch die Form des Stoffes auf der Einschränkung beruht, bildet die zweite Macht die Ursache der Form. Das Wirken der dritten Macht besteht darin, daß sie die beiden anderen Mächte mit einander verbindet. Sie bildet daher die Ursache der Verbindung zwischen Stoff und Form. Der Abkürzung wegen werden wir die erste Macht als die positive Ursache des Stoffes mit $+M$, die zweite Macht als die negative Ursache desselben mit $-M$ und die dritte Macht als die verbindende von beiden mit $\pm M$ bezeichnen.

Jede M kann nach ihrer Wirkung bemessen und diese als Bewegung dargestellt werden, deren Schnelligkeit der Berechnung zu Grunde gelegt wird, so daß die größere M in gleicher Zeit einen größeren Raum oder den gleichen Raum in kürzerer Zeit durchwirkt. Bezeichnen wir den Raum, welchen die $+M$ für sich allein in einer bestimmten Zeit durchwirken würde, mit R und jenen, welchen die $-M$ für sich allein in der nemlichen Zeit durchwirken würde, mit R', so läßt sich der Raum, auf welchen die $+M$ durch die $-M$ in einem Stoffe eingeschränkt wird, auf folgende Weise berechnen. Man denke sich R als eine gerade Linie, von deren Endpunkten aus beide M sich zugleich mit der ihren Größen entsprechenden Schnelligkeit gegen einander bewegen. Nach einiger Zeit werden sie sich in einem mittleren Punkte der Linie begegnen, wo die $+M$ von der $-M$ in ihrer Bewegung

gehemmt wird, und dieser Punkt bildet dann die räumliche Grenze des Stoffes. Bezeichnen wir nun den von der $+M$ bis zu dieser Grenze durchwirkten Raum mit r und den von der $-M$ bis dahin durchwirkten Raum mit r', so muß nicht bloß $R = r + r'$, also $r' = R - r$ seyn, sondern auch die Zeit, welche die $+M$ braucht, um r zu durchwirken, muß gleich seyn der Zeit, welche $-M$ braucht, um r' zu durchwirken. Bezeichnen wir ferner die Zeit, welche $+M$ braucht, um R zu durchwirken, mit Z, und nehmen wir an, die Zeit, welche $-M$ braucht, um den gleichen Raum zu durchwirken, sey n-mal so groß, als Z, so ergibt sich folgende Gleichung:

$$Zr = nZr' \text{ oder, da } r' = R - r \text{ ist:}$$
$$Zr = nZ\,(R - r)$$

Setzen wir nun, $R = 1$, und ebenso $Z = 1$, so ergibt sich aus dieser Gleichung:

$$r = n\,(1 - r)$$
$$r = n - nr$$
$$r + nr = n$$
$$r\,(1 + n) = n$$
$$r = \frac{n}{1 + n}$$

Ist daher die Größe der $+M$ und der $-M$ bekannt und jene der $-M$ als Theilungs- oder Vermehrungszahl auf die der $+M$ als Einheit reduzirt, so läßt sich mit Hülfe dieser Formel das Volumen jedes Stoffes berechnen, insoweit es durch das Zusammenwirken der $+M$ und $-M$ in ihm bestimmt ist.

β) der Verschiedenheit der Stoffe.

§ 8.

Die Wiedervereinigung der 3 M nach ihrer Trennung kann nicht in einem einzigen Produkte geschehen. Denn damit würden ihre Gegensätze vollständig aufgehoben. Ihre wieder erlangte Einheit wäre von ihrer ursprünglichen nicht zu unterscheiden. Das von ihnen hervorgebrachte Seyn wäre sohin kein außergöttliches, sondern nur wieder das unbedingte, göttliche Seyn. Sie wären also nur wieder in ihren früheren Zustand vor der Trennung

zurückgekehrt. Soll sich das durch ihre Wiedervereinigung hervorgebrachte Seyn von dem göttlichen unterscheiden, so müssen in ihm ihre Gegensätze, welche im göttlichen Seyn völlig verschwinden, noch erkennbar hervortreten. Dieses kann nur in der Art geschehen, daß sie sich zu mehreren Produkten vereinigen, in welchen zusammengenommen ihre Gegensätze vollständig aufgehoben sind, während jedes einzelne Produkt nur eine theilweise Aufhebung derselben enthält. Verbindet sich z. B. die $+M$ mit der $-M$ zu dem einen Produkte in dem Verhältnisse von $^2/_3$ zu $^1/_3$ und zu einem anderen Produkte in dem Verhältnisse von $^1/_3$ zu $^2/_3$, so ist der Gegensatz zwischen der $+M$ und $-M$ zwar in beiden Produkten ganz, in jedem einzelnen Produkte aber nur zur Hälfte aufgehoben.

Die Möglichkeit einer solchen verschiedenartigen Verbindung hat ihren Grund in der $\pm M$. Ohne diese wäre schon das gleichzeitige Zusammentreffen der $+M$ und $-M$ im nemlichen Raume nach ihrer Trennung nicht zu begreifen. Noch mehr zeigt sich aber die selbständige Wirkung der $\pm M$ in der verschiedenartigen Verbindung von beiden. Denn wollte man annehmen, daß die $+M$ und $-M$ nicht durch die $\pm M$ zusammengeführt würden, sondern beide selbst, etwa aus einem beiden inwohnenden Triebe, einander aufsuchen, so wäre ihr Streben immer auf gegenseitige vollständige Vereinigung gerichtet, und selbst bei einem zufälligen ungleichen Zusammentreffen könnten sie sich nicht in ungleichen Verhältnissen verbinden, sondern sie würden vielmehr sofort ihre Ungleichheit in beiden Verhältnissen ausgleichen, indem das Uebermaß der $+M$ in dem ersten Theile ihrer Berührung zu dem zweiten Theile und das Übermaß der $-M$ in dem zweiten Theile zu dem ersten Theile überfließen würde. Dieses gegenseitige Über- und Ineinanderfließen der $+M$ und $-M$ kann nur durch die $\pm M$ gehindert werden, indem diese die beiden andern M in den ungleichen Verhältnissen festhält und zu Produkten verbindet.

Bei dem einfachen Unterschiede zweier Produkte kann indessen die Natur nicht stehen bleiben. Denn wenn auch in beiden der Gegensatz zwischen der $+M$ und $-M$ zur Aufhebung gelangt, so befinde sich immer noch die $\pm M$ mit den beiden andern M dadurch im Gegensatze, daß sie dieselben in verschiedenen Ver-

hältnissen verbindet. Die Aufhebung dieses Gegensatzes erfordert eine Ausgleichung des Unterschiedes der +M und −M in den einzelnen Produkten, und diese ist, wenn der Naturprozeß nicht rückwärts gehen soll, nicht dadurch möglich, daß der Unterschied der +M und −M sofort in beiden Produkten aufgehoben wird; denn daraus entstände wieder die ursprüngliche Einheit der 3 M. Nicht einmal theilweise kann der Unterschied zwischen beiden Produkten ausgeglichen werden; denn schon darin läge eine Involution statt einer Evolution der Natur, in welcher der Unterschied des geschaffenen Seyns vom göttlichen Seyn zum vollkommenen Ausdrucke gelangen muß. Der Fortschritt kann daher nur in der Weise geschehen, daß der +M und −M selbst ein Einfluß auf die Produkte gestattet wird, welcher darauf abzielt, den Unterschied der Wirkungen beider in den einzelnen Produkten zur Aufhebung zu bringen. Die Wirkungen beider bestehen in der Ausdehnung und Einschränkung der Produkte (§ 7). Die Aufhebung des Unterschiedes ist daher nur möglich durch Ausdehnung der Produkte bis zum Hinwegfallen ihrer Einschränkung oder durch Einschränkung derselben bis zum Hinwegfallen ihrer Ausdehnung, also nur dadurch, daß in ihnen die +M die −M oder die −M die +M überwindet. Wir haben nun den Weg, welchen die Natur zu diesem Ziele einschlägt, näher zu betrachten.

Die 3 M sind Thätigkeiten des göttlichen Verstandes. Als solche sind sie zwar einander entgegengesetzt; ihr Widerstand ist aber kein Kampf einer gegenseitigen Unterdrückung und Vernichtung, sondern nur eine gegenseitige Beschränkung, wobei jede M sich von selbst in die Ordnung des Zusammenwirkens zu dem gemeinschaftlichen Zwecke fügt und die Selbständigkeit der andern achtet. [1]) Die Natur verfährt darum nicht gewaltthätig und über-

[1]) Daß ungeachtet der in der Natur herrschenden Nothwendigkeit doch aus ihrem Grunde eine gewisse Freiwilligkeit der letzten Ursachen hervorleuchtet, findet sich schon bei Plato erkannt, nemlich im Tim. Cap. 17 p. 48a, wo er lehrt, daß die Weltordnung aus einer Mischung von Nothwendigkeit und Weisheit entstanden sey, und daß die Weisheit die Nothwendigkeit durch Ueberredung bewogen und diese weisen Vorstellungen nachgegeben habe.

stürzt sich nicht in der Verfolgung ihrer Ziele, sondern ihre Entwicklung nimmt stets einen ruhigen und gesetzmäßigen Verlauf.

Aus dem Verhältnisse der 3 M unter einander ergeben sich nun mit Nothwendigkeit folgende Grundsätze:

1) Da die +M und —M vollkommen gleichberechtigt einander gegenüberstehen, kann keine von beiden der andern zum Opfer werden, sondern beide müssen im Kampfe siegen und unterliegen, aber in verschiedenen Produkten. Die Natur muß daher die beiden möglichen Wege zur Aufhebung des Unterschiedes durch Ausdehnung und Einschränkung der Produkte zugleich betreten.

2) Weder die Ueberwindung der +M durch die —M noch die Ueberwindung der —M durch die +M kann plötzlich und vollständig geschehen. Denn dadurch würde mit einem Male alles Produzirte zum Theile durch Vernichtung aller Einschränkung und zum Theile durch Vernichtung aller Ausdehnung wieder aufgelöst. Die Ueberwindung kann daher nach beiden Richtungen nur allmählig und stufenweise fortschreiten und zwar in der Art, daß die Produkte weder ihre Ausdehnung noch ihre Einschränkung gänzlich verlieren, sondern immer nur zwischen beiden Enden in der Schwebe bleiben.

3) Die fortschreitende Ueberwindung erfordert immer neue Bestimmungen der Produkte. Das Streben der ±M ist jedoch darauf gerichtet, die Verbindung der beiden andern M in jedem Produkte zu erhalten. Insoferne die ±M sich der Aufhebung des Unterschiedes zwischen der +M und —M widersetzt, enthält die Ueberwindung dieser beiden durch einander zugleich auch eine Ueberwindung der ±M. Aber auch diese Ueberwindung darf nur allmählig und stufenweise und in verschiedenen Produkten stattfinden, wobei der ±M ihr Recht auf die bisherigen Produkte gewahrt bleibt. Die neuen Bestimmungen können also nicht durch Aenderung der Produkte, sondern nur durch neue Produktionen und mit dem Vorbehalte geschehen, daß die +M und —M im selben Maße, in welchem sie einen freien Spielraum in der Produktion gewinnen, wieder der Herrschaft der ±M unterworfen werden[2]).

---

[2]) Von dieser Unterwerfung wird im § 12 die Rede seyn.

4) Jede M ist an sich unendlich. Die Endlichkeit entsteht in der Natur überhaupt erst mit der Begrenzung der +M durch die −M. Als unendlich können sie sich aber nicht in den endlichen Produkten erschöpfen. Wie unsere Denkthätigkeiten beständig unserem Denkvermögen entströmen, so bilden auch die 3 M einen Fluß, welcher fortwährend neu aus seiner göttlichen Quelle entspringt. Nur ein ununterbrochenes Ausströmen der 3 M kann das Geschaffene im Dasein erhalten. Insoferne aber die 3 M nicht bei den Produkten stehen bleiben, sondern zu neuer Produktion übergehen, müssen sie immer wieder auf gleiche Weise zusammentreffen.

Nach diesen Grundsätzen haben wir die Verschiedenheit der Stoffe zu konstruiren, wie folgt.

Die +M leitet den Naturprozeß ein, indem sie durch ihre Ausbreitung erst die Gegenwirkung der −M hervorruft. Erst nach beiden, sohin an dritter Stelle, tritt dann auch die ±M hervor und verbindet die beiden andern M zu bestimmten Produkten. Bei dem ersten Zusammentreffen der +M mit der −M müssen beide, da sie gleichmäßig mit einander entspringen, nothwendig gleiche Quantität haben, also sich zu einander verhalten wie 1 zu 1. In diesem Verhältnisse können sie, wie bereits bemerkt, nicht von der ±M zu einem Produkte verbunden werden, weil bei dem Hinzukommen der ±M alle drei wieder in ihre ursprüngliche, unterschiedslose Einheit zurückfallen würden. Das Hinzukommen der ±M selbst bringt jedoch den Unterschied hervor, von welchem die Verbindung der +M und −M zu getrennten Produkten abhängt, indem die ±M in dem einen Produkte mehr der +M und in dem andern mehr der −M Raum gestattet. Zur Verbindung genügt indessen nicht schon jeder noch so geringe Unterschied, sondern der Unterschied muß solange fortwachsen, bis die 3 M in jedem einzelnen Verhältnisse vollkommen gleichmäßig einander entgegenwirken. Denn insoweit sich nicht ihre Wirkungen gegenseitig aufheben, können sie überhaupt in keinem Produkte zur Ruhe kommen. Die ±M muß sich, indem sie die beiden andern M zu verschiedenen Produkten verbindet, in drei Theile theilen, von welchen der erste Theil die +M und −M im ersten Produkte, der zweite Theil dieselben im zweiten Produkte verbindet und der

dritte Theil die Verschiedenheit der Verhältnisse in beiden Produkten bewirkt, indem er das Uebermaß der +M im ersten Produkte und das Uebermaß der —M im zweiten Produkte festhält. Daraus folgt, daß auch die beiden andern M sich je in drei Theile zertheilen müssen und sich in beiden Produkten nur in den Verhältnissen wie 2 zu 1 und 1 zu 2 verbinden können. Denn nur in diesem Falle wird im ersten Produkte $^1/_3$ —M und $^1/_3$ ±M durch eine gleiche Quantität ($^2/_3$) +M und im zweiten Produkte $^1/_3$ +M und $^1/_3$ ±M durch eine gleiche Quantität ($^2/_3$) —M aufgehoben.

Mit dem Zustandekommen dieser Produkte können die 3 M gemäß ihrer Unendlichkeit nicht zur Ruhe gelangen. Auch jetzt ist es wieder die +M, welche zuerst die ihr in den Produkten gesetzten Schranken überschreitet. Ihr wirkt wieder die —M entgegen. Die ±M endlich gestattet der +M bei ihrem Hinaustreten über das erste Produkt, in welchem sie bereits einen Vorsprung vor der —M gewonnen hat, eine weitere Ausdehnung, dagegen bei ihrem Hinaustreten über das zweite Produkt, in welchem die —M das Uebergewicht erlangt hatte, dieser eine weitere Einschränkung. Da hiebei die 3 M wieder in gleicher Weise zusammentreffen, so müssen auch die hinzukommenden Unterschiede wieder die gleichen sein, und daher die +M und —M sich in den neuen Produkten verhalten wie 3 zu 1 und 1 zu 3. Jedes neue Hervortreten der +M hat wieder die gleiche Folge. Jedesmal gelingt es der +M ihre erweiterte Grenze noch mehr zu erweitern, und auf gleiche Weise gelingt es auch der —M nach jeder weiteren Einschränkung der +M dieselbe noch mehr einzuschränken.

Durch die fortschreitende Ausdehnung der Produkte entsteht also eine Reihe von Stoffen, in welchen sich die +M und —M verhalten wie 2 : 1, 3 : 1, 4 : 1, 5 : 1 u. s. w., und durch die fortschreitende Einschränkung der Produkte entsteht eine zweite Reihe von Stoffen, in welchen sich die +M und —M verhalten wie 1 : 2, 1 : 3, 1 : 4, 1 : 5 u. s. w. — Mit jeder neuen Produktion vermehrt sich die Quantität der 3 M in der Natur im Ganzen. Die Theile, nach dem sich vermehrenden Ganzen bestimmt, werden aber immer kleiner, und in gleicher Weise auch die Unterschiede von einer Stufe zur andern.

Die Produktion der verschiedenen Stoffe nach beiden Seiten kann nun nicht in's Unendliche fortschreiten, sondern muß einmal ein Ende nehmen. Denn wenn sich auch die Unterschiede der +M und —M in den Produkten mit dem Fortschreiten der Produktion immer mehr vermindern, so läge doch die vollkommene Aufhebung dieser Unterschiede erst in der Unendlichkeit. Damit befänden sich aber dann die 3 M in einer unendlichen Zerstreuung, welche gar keine Möglichkeit ihrer Zurückführung zur Einheit mehr übrig ließe. Der Naturprozeß könnte also sein Ziel (§ 4) nicht erreichen. Die Frage, wie die fortschreitende Produktion eine Grenze findet, werden wir später (§ 28) noch besonders beantworten. Für jetzt sehen wir wenigstens soviel ein, daß, wenn es eine solche Grenze gibt, dadurch alle möglichen Verhältnisse und die kleinsten Unterschiede in der Verbindung der +M und —M bestimmt sein müssen, zwischen welchen eine Verbindung beider durch die ±M in der Natur nicht mehr möglich ist. Aus den kleinsten Unterschieden ergeben sich zugleich die kleinsten Quantitäten der +M und —M, welche bei der Verbindung durch die ±M nicht mehr weiter getheilt werden können. Wir werden sie deshalb künftighin dynamische Einheiten nennen.

Berechnet man die Volumen der auf diese Weise produzirten Stoffe nach der im § 7 angegebenen Formel $r = \frac{n}{1+n}$, so ergibt sich für die Stoffe mit fortgesetzter Einschränkung die Zahlenreihe: $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_5$, $^1/_6$, $^1/_7$, $^1/_8$, $^1/_9$, $^1/_{10}$ u. s. w., und für die Stoffe mit fortgesetzter Ausdehnung die Zahlenreihe: $^2/_3$, $^3/_4$, $^4/_5$, $^5/_6$, $^6/_7$, $^7/_8$, $^8/_9$, $^9/_{10}$ u. s. w. Vergleicht man diese Volumen mit den Längen gleich beschaffener und gleich gespannter Saiten, wie sie zur Hervorbringung musikalischer Töne erforderlich sind, so zeigt sich, daß die Zahlen beider theilweise übereinstimmen und im Ganzen die Volumen der Stoffe einfachere Zahlen ergeben als die Saitenlängen der musikalischen Tonleiter. Betrachtet man ferner den Raum, welchen die +M bei der ersten Produktion für sich allein durchwirkt hätte, als die Länge des Grundtones, folglich die Einschränkung der +M bei ihrem ersten Zusammentreffen mit der −M auf die Hälfte dieses Raumes als die Oktave, so entsprechen die Volumen der Stoffe mit fortgesetzter Einschränkung der Quinte

in der Oktave, der 2. Oktave, der großen Terz, der Quinte und der kleinen Septe in der 2. Oktave, der 3. Oktave, der Secunde und großen Terz in der 3. Oktave u. s. w. Sämmtliche Stoffe in dieser Reihe stehen also zu dem Raume der freien +M in dem Verhältnisse der harmonischen Obertöne, welche bei dem starken Anschlage der Saite eines tiefes Tones weniger deutlich mitklingen [3]). Von der 4. Oktave an enthalten sie die meisten Töne der diatonischen Skala. Nur einzelne Töne, namentlich die Quarte und große Sexte fehlen als unharmonisch. Dafür erscheinen Zwischentöne, welche in den höheren Oktaven immer zahlreicher den Uebergang von einer Tonstufe zur andern vermitteln, aber alle durch die gleichmäßig wachsende Zahl der Schwingungen das Verhältniß der harmonischen Obertöne zum Grundtone fortsetzen. — Bei den Stoffen mit fortgesetzter Ausdehnung entsprechen die Volumen der ersten 4 Stoffe der Quinte, der Quarte, der großen Terz und der kleinen Terz der 1. Oktave, das des 7. Stoffes der Secunde, und die weiteren verlieren sich durch immer größere Annäherung zur freien +M zuletzt in einen unmerklichen Unterschied vom Grundtone. — Die Reihe der verschiedenen Stoffe in der Natur gleicht hienach einem musikalischen Instrumente mit gespannten Saiten, welche nur angeschlagen zu werden brauchen, um den größten Reichthum harmonischer Töne zu entwickeln.

Wir haben übrigens im gegenwärtigen § noch nicht die verschiedenen Stoffe, sondern nur die Verschiedenheit der Stoffe abgeleitet, nemlich gezeigt, daß und warum es in der Natur verschiedene Stoffe geben muß. Es war auch nur von jenen Unterschieden die Rede, welche ihren Grund in dem Verhältnisse der +M und —M zu einander haben. Hiezu kommen noch die weiteren Unterschiede aus dem Verhältnisse der +M und —M zu der ±M, von welchen im § 12—15 die Rede sein wird. Aus beiden Verhältnissen müssen sich sämmtliche Eigenschaften, wodurch sich die Stoffe von einander unterscheiden, ableiten lassen.

---

[3]) Helmholtz: „Die Lehre von den Tonempfindungen" ꝛc., III. Aufl., S. 37.

B. Die ſogenannten Grundſtoffe.

§ 9.

Die Chemie hat ſich bekanntlich zur Aufgabe gemacht, die Körper in ihre Beſtandtheile zu zerlegen, um auf dieſe Weiſe die einfachen Stoffe zu erforſchen, aus welchen alle übrigen zuſammengeſetzt ſind, und die man deßhalb die Grundſtoffe oder die Elemente zu nennen pflegt. Sie ging hiebei von der Vorausſetzung aus, daß es ihr durch fortgeſetzte Auflöſung der Stoffe gelingen werde, die Zahl derjenigen Stoffe, welche ſich nicht mehr als Zuſammenſetzungen aus andern nachweiſen laſſen, immer mehr zu vermindern und zuletzt auf wenige, wenn nicht gar auf einen einzigen Grundſtoff zurückzuführen. Dieſe Erwartung iſt bisher nicht in Erfüllung gegangen. Die fortgeſetzte Auflöſung der Stoffe hatte vielmehr zur Folge, daß von Zeit zu Zeit immer neue ſogen. Grundſtoffe entdeckt wurden, und gegenwärtig zählt man deren 63. Eine ſolche Vielheit von Prinzipien in der Natur muß den Chemikern ſelbſt etwas unwahrſcheinlich vorkommen. Manche von ihnen haben bereits die Vermuthung ausgeſprochen, daß die heutzutage als Elemente angenommenen Stoffe großen Theils aus anderen Stoffen zuſammengeſetzt ſeyen [1]). Man tröſtet ſich immer noch mit der Hoffnung einer künftigen Verminderung der Grundſtoffe. Was jedoch in dieſer Hinſicht der Chemie noch bevorſteht, können wir von unſerem Standpunkte aus leicht vorausſagen.

Der Stoff iſt überhaupt nichts Einfaches. Einfach ſind in der Natur nur die 3 M, aus welchen die Erſcheinung jedes Stoffes zuſammengeſetzt iſt. Man kann alſo eigentlich gar nicht ſagen, daß Stoffe in andere zerlegt werden, ſondern wenn durch die Auflöſung eines Stoffes andere entſtehen, ſo iſt es immer nur die Verbindung der 3 M, welche in einer Weiſe aufgelöſt und in anderer Weiſe wieder hergeſtellt wird. Der Chemiker kann zwar bisweilen die $\pm$M in einem Stoffe von den beiden andern M inſoweit abſpannen, daß dieſe von einander trennbar werden. Er kann aber weder die +M von der —M noch dieſe von jener trennen, ohne

1) So Groshans in Poggendorfs Annalen der Phyſik u. Chemie. Erg.-Bd. IV S. 468, welcher insbeſ. die Einfachheit des Chlor, Brom, Jod und ſämmtlicher Metalle wegen ihres hohen Atomgewichtes bezweifeln zu ſollen glaubte.

beide in neue Verbindungen zu ſetzen. Soll von einem Stoffe ein Theil der + M oder — M losgetrennt werden, ſo muß der + M eine angemeſſene — M und der — M eine angemeſſene + M außer dem Stoffe angeboten werden und dieſe findet der Chemiker niemals für ſich allein in der Natur, ſondern immer nur gleichfalls wieder verbunden mit + M oder — M in einem andern Stoffe. Sollen beide in einem und demſelben Stoffe mit einander verbundenen M von einander getrennt und in anderen Verhältniſſen wieder mit einander verbunden werden, ſo kann dieſes zwar nur in der Art geſchehen, daß ſie bei den neuen Verbindungen einander in ſolchen Verhältniſſen gegenübertreten, in welchen nach der für die Produktion der Stoffe entwickelten Stufenreihe (§ 8) Stoffe überhaupt entſtehen können. Die Möglichkeit hiezu iſt aber nach den von uns berechneten Zahlen bei jedem Stoffe gegeben. Jedes ſolche Verhältniß läßt ſich in mehrere und wenigſtens in zwei andere auflöſen, von welchen das eine einer niederen und das andere einer höheren Stufe angehört.

Betrachtet man die Stoffe mit fortgeſetzter Einſchränkung, ſo läßt ſich z. B. das Verhältniß der + M und — M = 1 : 3 bei dem 1. Stoffe durch die Theilung der + M in $^3/_3$ und der — M in $^9/_9$ in die Verhältniſſe 2 : 1 + 1 : 8,

das = 1 : 4 bei dem 2. durch Theilung der + M in $^2/_2$ und der — M in $^8/_8$ in die Verh. 1 : 3 + 1 : 5,

das = 1 : 5 bei dem 3. durch Theilung der + M in $^2/_2$ und der — M in $^{10}/_{10}$ in die Verh. 1 : 3 + 1 : 7,

das = 1 : 6 bei dem 4. durch Theilung der + M in $^2/_2$ und der — M in $^{12}/_{12}$ in die Verh. 1 : 3 + 1 : 9,

das = 1 : 7 bei dem 5. durch Theilung der + M in $^2/_2$ und der — M in $^{14}/_{14}$ in die Verh. 1 : 3 + 1 : 11,

das = 1 : 8 bei dem 6. durch Theilung der + M in $^2/_2$ und der — M in $^{16}/_{16}$ in die Verh. 1 : 3 + 1 : 13 auflöſen.

In der Reihe der Stoffe mit fortgeſetzter Ausdehnung läßt ſich das Verhältniß

= 2 : 1 bei dem 1. Stoffe durch Theilung der + M in $^8/_8$ und der — M in $^4/_4$ in die Verhältniſſe 1 : 3 + 7 : 1,

das = 3 : 1 bei dem 2. Stoffe durch Theilung der + M in $^{12}/_{12}$ und der — M in $^{4}/_{4}$ in die Verhältniſſe 1 : 3 + 11 : 1,

das = 4 : 1 bei dem 3. Stoffe durch Theilung der + M in $^{16}/_{16}$ und der — M in $^{4}/_{4}$ in die Verhältniſſe 1 : 3 + 15 : 1,

das = 5 : 1 bei dem 4. Stoffe durch Theilung der + M in $^{20}/_{20}$ und der — M in $^{4}/_{4}$ in die Verhältniſſe 1 : 3 + 19 : 1,

das = 6 : 1 bei dem 5. Stoffe durch Theilung der + M in $^{24}/_{24}$ und der — M in $^{4}/_{4}$ in die Verhältniſſe 1 : 3 + 23 : 1,

das = 7 : 1 bei dem 6. Stoffe durch Theilung der + M in $^{28}/_{28}$ und der — M in $^{4}/_{4}$ in die Verhältniſſe 1 : 3 + 27 : 1 auflöſen.

Alle Stoffe mit Ausnahme jener der höchſten und tiefſten Stufen müſſen ſich daher an ſich in andere auflöſen laſſen, und es kommt nur darauf an, die Stoffe ſolchen Einwirkungen auszuſetzen, wodurch die 3 M beſtimmt werden, die bisherigen Verhältniſſe aufzugeben und neue anzunehmen. Wären die Bedingungen hiezu immer der Chemie bekannt und erfüllbar, ſo müßten ſich innerhalb der von der Natur gezogenen Grenze des Hinauf- und Herabſpannens alle Stoffe durch bloße Umſtimmung der Verbindungen zwiſchen der +M und —M beliebig in einander umwandeln laſſen, und die Stoffe der höchſten und niederſten Spannung würden ſich der Auflöſung nicht etwa wegen Einfachheit, ſondern nur darum widerſetzen, weil die Natur eine höhere und tiefere Spannung nicht mehr geſtattet.

C. Allgemeine Eigenſchaften der Stoffe.

a) Ableitung.

§ 10.

Ungeachtet ihrer Verſchiedenheit müſſen doch alle Stoffe diejenigen Beſtimmungen an ſich tragen, welche ſich aus dem Begriffe des Stoffes überhaupt ergeben.

1) Jeder Stoff muß ausgedehnt ſein. Denn mag auch in einem Stoffe die +M noch ſo gering und die —M noch ſo groß ſein, ſo kann doch jene von dieſer niemals ganz überwunden, ſondern immer nur auf einen kleineren Raum beſchränkt werden.

2) Dadurch daß jeder Stoff im Raume ſich ausdehnt, iſt er wie dieſer in's Unendliche theilbar.

3) Dadurch daß die +M in jedem Stoffe den Raum auf beſtimmte Weiſe erfüllt, iſt jede andere Erfüllung des nemlichen Raumes von ſelbſt ausgeſchloſſen. Jeder Stoff iſt daher undurchdringlich.

4) Jeder Stoff muß ferner beweglich ſein. Denn jeder Stoff erfüllt vermöge der Beſchränkung der +M durch die —M einen beſtimmten Raum, exiſtirt alſo nur als Körper im Raume, während die 3 M als unendlich ſich in keinem Stoffe erſchöpfen. Die 3 M können daher, ſoweit ſie nicht im Stoffe zur Ruhe gelangt ſind, immer noch fortwirken und jede räumliche Beſtimmung ſowohl in den Körpern als zwiſchen den Körpern verändern, d. h. den Stoff bewegen.

5) Jeder Stoff iſt bloßes Produkt der 3 M. Wenn alſo nicht dieſe als Bewegungsurſachen von außen hinzukommen, vermag er weder ſich ſelbſt noch ſein Verhältniß zu anderen Stoffen zu ändern, d. h. er iſt träge.

6) Da in den verſchiedenen Stoffen die +M und —M in verſchiedenen Verhältniſſen mit einander verbunden ſind, muß in ihnen der Raum durch die +M in verſchiedenen Graden erfüllt ſein. Es muß daher jedem Stoffe eine gewiſſe Dichtigkeit zukommen, welche bei gleicher +M in gleichem Verhältniſſe mit der —M zunimmt und bei gleicher —M in gleichem Verhältniſſe mit der +M abnimmt. Zur Berechnung der Dichtigkeit bedient man ſich in der Phyſik der Formel:

$$D : d = \frac{M}{V} : \frac{m}{v},$$

wobei D d die Dichtigkeiten, M m die Maſſen und V v die Volumen der Stoffe bedeuten. Die Maſſe eines jeden Stoffes beſteht in der mit der —M verbundenen Quantität +M. Da ſich nun die Volumen bei gleichen +M umgekehrt verhalten wie die Quantitäten der —M, ſo läßt ſich in der Dynamik ſtatt obiger Formel folgende gebrauchen:

$$D : d = \frac{+M}{-m} : \frac{+m}{-M} \text{ oder } = +M \times -M : +m \times -m.$$

7) Jedem Stoffe muß endlich die Eigenſchaft zukommen, welche man mit dem Namen Schwere bezeichnet. Jede von den 3 M iſt nemlich in der ganzen Natur eine und dieſelbe. Die +M iſt urſprünglich darauf gerichtet, den ganzen Raum ununterbrochen zu erfüllen, und ebenſo iſt auch die —M urſprünglich darauf gerichtet, die Erfüllung des Raumes im Ganzen ununterbrochen einzuſchränken. Nach der Produktion ſind zwar beide im Raume zertheilt und die verſchiedenen Stoffe ſowie die Theile jedes einzelnen Stoffes außer einander. Die ±M vermittelt aber den räumlichen Zuſammenhang, indem ſie die +M und —M nicht bloß in jedem einzelnen Produkte, ſondern auch in ſämmtlichen Produkten mit einander verbindet und im Gleichgewichte erhält. Dieſe Verbindung bewirkt in jedem Stoffe das Beſtreben, ſowohl ſeine Theile einander als auch ſich ſelbſt anderen Stoffen möglichſt zu nähern, d. h. jeder Stoff iſt ſchwer.

b) Die Schwere insbeſondere.

§ 11.

Die Schwere findet ſich überall in der Natur. Jede Flüſſigkeit, ſich ſelbſt überlaſſen, z. B. ein aus den Wolken fallender Tropfen Waſſer, nimmt die Kugelform an, d. i. jene Form, welche durch die möglichſte Annäherung aller Theile der Flüſſigkeit hervorgebracht wird. Kommen zwei ſolche Kugeln einander ſo nahe, daß ihre Oberflächen ſich gegenſeitig berühren, ſo ziehen ſich die Flüſſigkeiten in beiden an und vereinigen ſich zu einer gemeinſchaftlichen Kugel. Alle irdiſchen Körper fallen, wenn ſie, von der Erdoberfläche entfernt, ohne Stütze gelaſſen werden, zur Erde, indem ſie, wie man ſagt, gegen den Mittelpunkt derſelben angezogen werden. Jeder Körper, der den andern hindert, dieſer Anziehung zu folgen, wird von demſelben gedrückt. Ein feſter Körper, der in leichtere Flüſſigkeit fällt, durchdringt dieſelbe, und Flüſſigkeiten von verſchiedenem Gewichte, welche ſich nicht mit einander vermiſchen, lagern ſich in einem Gefäße ſo übereinander, daß die leichtere der ſchwereren Platz macht und von ihr nach oben gedrängt wird. Auch die Weltkörper ſind durch die Schwere unter ſich verbunden. Die Anziehung, welche die Monde um die Planeten und die

Planeten um die Sonne bewegt, iſt nach den Berechnungen Newtons Schwerewirkung, und eine ähnliche Erſcheinung zeigt ſich auch in den entfernten Regionen der Fixſterne, wo zwey oder mehrere Sonnen mit einander zu Syſtemen in der Art verbunden ſind, daß ſie ſich um einander oder um einen gemeinſamen Schwerpunkt drehen.

Alle Stoffe müſſen ihrem Begriffe nach nothwendig ſchwer ſeyn. Die Phyſiker unterſcheiden zwar oft neben den ſchweren Stoffen noch ſog. „Imponderabilien“, d. h. ſolche Stoffe, welche der Schwere nicht unterworfen ſind, und rechnen hiezu gewöhnlich den Licht- und Wärmeſtoff, dann das elektriſche und magnetiſche Fluidum. Es wird ſich jedoch zeigen, daß dasjenige, was man unter dieſen Stoffen verſteht, den Namen eines Stoffes gar nicht verdient.

Die Anziehung der Schwere iſt, wie wir ſpäter ſehen werden, ihrer Urſache nach nicht verſchieden von der Anziehung, welche in der Kohäſion und im chemiſchen Prozeſſe ſtattfindet, wohl aber von derjenigen, welche den Stoff verdichtet. Um Verwechslungen zu vermeiden, ſollte man beide Begriffe ſorgfältiger unterſcheiden und die erſte Anziehung Attraktion, die zweite Kontraktion nennen. Man glaubte zwar ein Unterſcheidungsmerkmal für die Schwere gegenüber der Kohäſion und der chemiſchen Verbindung darin gefunden zu haben, daß bei jener die Anziehung in die Ferne, bei dieſen aber in unmittelbarer Nähe wirke[1]). Allein die Anziehung, welche den Stein nach ſeinem Falle an der Oberfläche der Erde feſthält, iſt gewiß nicht minder Schwere, wie jene, welche vorher ſeinen Fall bewirkte. Der Stoff aber, welcher jetzt die Erdoberfläche unter ihm bildet, übt die Anziehung auf ihn in unmittelbarer Nähe aus. Der Unterſchied zwiſchen der Attraktion und Kontraktion läßt ſich dagegen auf durchgreifende Weiſe dahin beſtimmen, daß bei dieſer die Anziehung durch die — M bewirkt wird und nur die + M zum Gegenſtande hat, daß aber bei jener die Anziehung durch die ± M bewirkt wird und immer Verbindungen der + M und — M, ſohin Stoffe, ſey es nun ver-

[1]) Ulrici, a. a. O. S. 358.

ſchiedene Körper oder verſchiedene Theile eines und des nemlichen Körpers zum Gegenſtande hat. Die Attraktion kann daher in der Nähe und Ferne ſtattfinden, während die Kontraktion immer das Zuſammentreffen der +M und —M in einem und demſelben Raume vorausſetzt, und von der Attraktion, wenn dieſe in unmittelbarer Nähe wirkt, unterſtützt wird.

Es war ein jämmerlicher Verſuch Newtons, die Schwerewirkung aus mechaniſchen Urſachen, — äußeren Stoß oder Druck des Äthers, — erklären zu wollen, wobei natürlich darauf verzichtet wurde, für die Bewegung des ſtoßenden oder drückenden Äthers einen weiteren Erklärungsgrund zu erſinnen. Heutzutage iſt man endlich doch zu der Überzeugung gelangt, daß es in der Natur wahrhaft eine Wirkung in die Ferne gibt, und daß dieſe nicht bloß allen mechaniſchen Vorſtellungen widerſtreitet, ſondern ein Problem iſt, zu deſſen Löſung die in der Naturwiſſenſchaft bisher gebildeten Begriffe überhaupt nicht ausreichen [2]). — Die Anziehung eines Körpers durch einen andern iſt als eine einſeitige nicht zu begreifen, ſondern da die anziehende Urſache in dem einen Körper nur dann eine anziehende Wirkung in dem andern hervorzubringen vermag, wenn dieſer eine Empfänglichkeit hiefür beſitzt, d. h. ſich anziehen läßt, ſo müſſen eigentlich immer beide einander gegenſeitig anziehen. Die gleichzeitige übereinſtimmende Wirkung in zwei räumlich getrennten Körpern ſetzt aber eine gemeinſchaftliche Urſache voraus, und dieſe darf, um als eine und die nemliche in verſchiedenen Räumen wirken zu können, ſelbſt keinem Unterſchiede des Raumes mehr unterworfen ſeyn. Sie kann daher nicht mehr als körperlich gedacht werden, ſondern muß, wie die ±M, eine geiſtige Macht ſeyn.

Betrachten wir ferner die Geſetze, nach welchen die Schwere wirkt, ſo haben wir ſowohl die Beſchaffenheit der Körper, nach

---

[2]) Snell: „die Streitfrage des Materialismus" 1858 S. 62. — Ulrici a. a. O. S. 370 gebraucht das Vorkommen einer actio in distans zum Beweiſe der Exiſtenz Gottes, weil ſie ohne eine „vermittelnde Urkraft" undenkbar wäre. Daß Gott in der Natur wirkt, iſt ein Satz, der nicht in die Naturwiſſenſchaft gehört. Dieſe hat bloß zu erforſchen, wie Gott in der Natur wirkt. Dieſes Wie aber vermag nur die reine Dynamik begreiflich zu machen.

welcher ſie wirkt, als auch die Bewegung der Körper, welche durch ſie bewirkt wird, in's Auge zu faſſen.

a) Die Wirkung der ±M iſt in der Schwere darauf gerichtet, alles Dasjenige, was ſie durch die Verbindung der +M und −M hervorgebracht hat, mit einander räumlich zu verbinden. Sie bemißt ſich daher in jedem Körper nach der Quantität des in ihm produzirten Stoffes. Jeder Körper muß alſo von einem anderen bei gleicher Entfernung umſomehr angezogen werden, als er mehr Stoff enthält, und ſomit die Schwere jedes Körpers gleich ſeyn dem Produkte aus ſeinem Volumen und ſeiner Dichtigkeit. Volumen und Dichtigkeit eines Körpers berechnen ſich nun ſelbſt wieder aus den Quantitäten der in ihm verbundenen +M und −M. Beide ſtehen aber nur zur +M im geraden Verhältniſſe, während ſich mit zunehmender −M einerſeits das Volumen vermindert, anderſeits dagegen die Dichtigkeit vermehrt. Daraus ergibt ſich, daß bei der Berechnung die −M außer Anſatz gelaſſen und die Schwere jedes Körpers lediglich nach der Quantität der in ihm mit der −M verbundenen +M beſtimmt werden kann.

b) Wenn endlich die Schwere zwei von einander entfernte Körper einander nähert, ſo bewirkt ſie deren Bewegung nicht durch einen einmaligen Antrieb, etwa nach Art eines Stoßes, ſondern durch fortdauernde Anziehung, ſo daß dieſe, während ſie ſich bewegen, zu ihrer Bewegung fortwährend neue Bewegung hinzufügt. Dadurch muß die Schnelligkeit ihrer Bewegung gleichförmig zunehmen. Es ergibt ſich daher das Geſetz des Falles, nach welchem die durchlaufenen Räume ſich verhalten wie die Quadrate der Zeiten.

D. Die Aggregationszuſtände der Stoffe.

§ 12.

Die Theile des Stoffes, welche im Raume zu einem Körper vereiniget ſind, können ſich auf verſchiedene Weiſe zu einander verhalten. Sie können entweder A) das Volumen des Körpers durch äußere Urſachen beſtimmen laſſen, ſo daß ſie je nach deren Einwirkung einen größeren oder kleineren Raum einnehmen, oder B) an ein beſtimmtes Volumen gebunden ſeyn.

Die Gase und Dämpfe zeigen ein beständiges Streben nach Ausdehnung. Sie können daher nur in Gefäßen aufbewahrt werden, welche nach allen Seiten verschlossen sind. Wenn sich ihnen aus diesen ein Ausgang eröffnet, entweichen sie und verlieren sich in der Erdatmosphäre. In Gefäßen abgesperrt fügen sie sich aber auch einem äußeren Drucke und lassen sich bei Vermehrung desselben auf einen immer kleineren Raum zusammenpressen. Die sogen. unelastischen Flüssigkeiten, wie z. B. Wasser, Oel, Quecksilber, zeigen dagegen weder ein gleiches Streben nach Ausdehnung noch eine solche Nachgiebigkeit gegen äußeren Druck, sondern leisten vielmehr jeder äußeren Ursache, welche auf Ausdehnung oder Einschränkung ihres Volumens gerichtet ist, kräftigen Widerstand. — Sind die Stofftheile an ein bestimmtes Volumen gebunden, so können sie sich wieder auf zweifache Weise zu einander verhalten. Sie können a) entweder bloß eine bestimmte Größe des Raumes einnehmen und sich dabei gegen die Gestalt des von ihnen gebildeten Körpers gleichgültig verhalten, so daß sie sich beliebig unter einander verschieben lassen, oder b) sie können nebst der bestimmten Größe auch noch eine bestimmte Gestalt des Körpers behaupten und einer äußeren Gewalt, welche darauf gerichtet ist, ihre gegenseitige Lage zu verändern, Widerstand leisten.

Die empirische Naturwissenschaft unterscheidet hienach drei Aggregationszustände der Stoffe, nemlich 1) einen ausdehnsamen oder elastisch-flüssigen, 2) einen tropfbar flüssigen und 3) einen festen. In neuester Zeit hat man angefangen, die tropfbar flüssigen Stoffe bloß „flüssige“ und die elastisch flüssigen „flüchtige“ zu nennen[1]). Zur Vereinfachung werden wir uns der gleichen Ausdrucksweise bedienen. Man nennt diese drei Formen „Zustände“, weil man keine von ihnen als irgend einem Stoffe ausschließend angehörig, sondern sämmtliche Stoffe als in ihnen wandelbar betrachtet. Die meisten festen Stoffe können durch Wärme in flüssige und die meisten flüssigen durch noch größere Wärme in flüchtige, sowie umgekehrt durch Kälte die meisten flüchtigen in flüssige und die meisten flüssigen in feste ver-

[1]) Burmeister: „Geschichte der Schöpfung.“ VII. Aufl. 1867. S. 61.

wandelt werden. Die Naturforscher nehmen daher an, daß, wenn wir im Stande wären, eine beliebig große Hitze und Kälte hervorzubringen, dadurch alle festen Stoffe in flüssige und flüchtige und alle flüchtigen in flüssige und feste sich müßten verwandeln lassen [2]).

Die älteren Dynamiker bemühten sich vergebens, den Unterschied der Aggregationszustände aus dem Gegensatz zwischen der Expansiv- und Kontraktivkraft zu erklären. Sie sagten gewöhnlich, daß bei dem flüchtigen Stoffe die Expansivkraft, bei dem festen die Kontraktivkraft überwiege und bei dem flüssigen beide Kräfte im Gleichgewichte ständen. Allein nach der dynamischen Theorie wird in jedem Stoffe durch die Wärme die Expansivkraft und durch die Kälte die Kontraktivkraft vermehrt. Wäre also die Flüssigkeit bloß ein solcher Zustand des Gleichgewichtes beider Grundkräfte, so müßte in ihr jede Temperaturveränderung, weil dadurch dieses Gleichgewicht aufgehoben würde, mit einer Aenderung des Aggregationszustandes verbunden seyn. Jede noch so geringe Erwärmung müßte sie flüchtig, jede noch so geringe Erkältung müßte sie fest machen [3]). Nun zeigt aber die Erfahrung, daß jeder flüssige Stoff eine bedeutende Temperaturveränderung zu ertragen vermag, ohne seinen Aggregationszustand zu verändern. Das Wasser z. B. behält seine Flüssigkeit an der Meeresfläche von 0° bis zu 100° C. bei, Schwefel von 115° bis zu 320°, Queckſilber von −40° bis zu 360°. Auch die Unterschiede der Dichtigkeit ließen sich ferner nur aus ungleichen Verhältnissen beider Grundkräfte erklären. Es müßten also die Unterschiede der Dichtigkeit mit jenen der Aggregationszustände zusammenfallen und demnach alle festen Körper dichter als alle Flüssigkeiten und alle Flüssigkeiten gleich dicht seyn. Nun gibt es aber bekanntlich viele feste Körper, welche weniger dicht sind, als die meisten Flüssigkeiten, und die Flüssigkeiten sind in ihrer Dichtigkeit unter einander selbst sehr verschieden. Queckſilber ist z. B. 13,8-mal, Alkohol nur 0,79-mal so dicht als Wasser.

[2]) Scholz: „Anfangsgründe der Physik." V. Aufl. bearb. von Schrötter S. 462.

[3]) Ulrici a. a. O. S. 50.

Auch die Atomiſtik vermochte bisher die drei Aggregationszuſtände nicht beſſer zu erklären. Nach dieſer läßt ſich zwar wohl denken, daß die Flüſſigkeiten aus kugelförmigen Maſſentheilchen beſtehen, und dieſe Maſſentheilchen ſich, wenn ſie gleich weit von einander abſtehen und ſich gleichmäßig einander anziehen, leicht unter einander müſſen verſchieben laſſen. Nimmt man ferner an, daß in den feſten Körpern die Maſſentheilchen von verſchiedener Geſtalt und von ebenen Flächen begrenzt ſind, und ſich in Folge deſſen nicht nach allen Seiten gleich anziehen, ſo verſteht es ſich von ſelbſt, daß dieſe Theilchen eine beſtimmte Gleichgewichtslage gegen einander einnehmen müſſen, aus welcher ſie nur durch Anwendung von Gewalt gebracht werden können. Denkt man ſich endlich in den flüchtigen Stoffen die Maſſetheilchen der Einwirkung von Kräften ausgeſetzt, welche ſie von einander abſtoßen und ſo weit entfernen, daß ihre gegenſeitige Anziehung ſie nicht mehr erreicht, ſo iſt allerdings die nothwendige Folge davon, daß ſie ſich bei fortdauernder Abſtoßung immer weiter von einander entfernen müſſen [4]). Aber welche Urſachen bewirken denn in der Flüſſigkeit die kugelförmige Geſtalt der Maſſetheilchen und in dem feſten Stoffe die verſchiedenen Geſtalten derſelben mit ebenen Grenzflächen? Woher kommt es, daß die Maſſetheilchen der Flüſſigkeiten bei ſteigender Temperatur bis zum Siedpunkte ihre Entfernung von einander kaum merklich verändern, bei Erreichung des Siedepunktes aber plötzlich in jene weiten Abſtände gerathen, welche ihre gegenſeitige Anziehung aufheben? Wenn ſich mit der Entfernung ihre gegenſeitige Anziehung vermindert, warum vermindert ſich nicht zugleich auch ihre gegenſeitige Abſtoßung, und warum wird hiebei ihre Anziehung nicht bloß allmählig geſchwächt, ſondern auf einmal gänzlich unwirkſam? — So lange die Atomiſtik auf dieſe Frage keine befriedigende Antwort gibt, iſt mit ihrer Erklärung, die ſelbſt noch der Erklärung bedarf, gar nichts gedient.

Der Unterſchied der Aggregationszuſtände beruht in Wahrheit auf dem Verhältniſſe der $\pm$M zu den beiden andern M. — Wir haben in § 8 geſehen, wie die $\pm$M genöthigt war, der $+$M und

---

[4]) Eiſenlohr: a. a. O. S. 22. — Clauſius: „Abhandlungen über die mechan. Wärmetheorie." 1864—1867 Abth. II S. 236.

— M einen Einfluß zu gestatten, welcher darauf abzielte, den Unterschied ihrer Wirkungen in den Produkten allmählig aufzuheben. Dem Zurücktreten der ± M, wodurch die + M und — M diesen Einfluß erlangten, muß anderseits ein stufenweises Fortschreiten der ± M entsprechen, wodurch sie sich die + M und — M in höherem Grade unterwirft und ihre Verbindung in den Produkten immer mehr befestigt.

Wir wollen nun die drei Aggregationszustände nach einander aus diesem Verhältnisse ableiten.

a) Flüchtige Stoffe.

§ 13.

Wenn die ± M die + M und — M mit einander zu einem Produkte verbindet, so folgt daraus zunächst nur, daß die beiden letzteren in einem und demselben Raume zusammenwirken müssen, daß also die + M in der Raumerfüllung von der — M gehemmt wird und stille stehen muß, wenn sie die Grenze erreicht, die ihr von dieser gesetzt ist. Dabei werden aber die + M und — M in ihren Wirkungen nur durch einander, nicht durch die ± M beschränkt. Das Volumen des Stoffes hängt daher bloß von dem Zusammenwirken der + M und — M ab, und muß sich in entsprechendem Maße ändern, sobald die eine oder andere von ihnen auf irgend eine Weise einen Zuwachs erhält. Die Wirkung der ± M ist also hier eine so geringe, daß die + M und — M sich gegen sie im Uebergewichte befinden.

Die allgemeine Erscheinung, daß die flüchtigen Stoffe immer streben, sich auszudehnen, rührt daher, daß dieselben, wo immer sie sich unserer Untersuchung darbieten, sich niemals ganz selbst überlassen sind, sondern stets in einer durch äußere Ursachen bewirkter Verdichtung befinden, welche das Streben nach Ausdehnung in ihnen hervorruft. Die atmosphärische Luft ist an der Erdoberfläche durch die Schwere der höher gelagerten Luftschichten zusammengedrückt. Mit diesem Drucke hat auch jeder andere flüchtige Stoff zu kämpfen, der sich vor unseren Augen als Dampf oder Gas durch Hitze oder chemische Zersetzung aus einer Flüssigkeit oder einem festen Stoffe entwickelt. Zudem enthält der flüssige

und feſte Zuſtand ſelbſt ſchon eine Verdichtung, welche der Stoff bei ſeinem Uebergange in den flüchtigen zu verlaſſen hat. Nach dem Begriffe des Stoffes überhaupt kann jedoch die Ausdehnung nicht in's Unendliche fortgehen. Wollaſton[1]) hielt es ſchon aus empiriſchen Gründen für wahrſcheinlich, daß die Erdatmoſphäre begrenzt ſey, und Schmidt[2]) lehrte, daß die Grenze derſelben da liegen müſſe, wo die ſpezifiſche Elaſtizität der Luft mit der Schwere in's Gleichgewicht kommt. Auch die Verſuche, welche Faraday[3]) über die Ausbreitung der Dämpfe in luftleerem Raume anſtellte, beſtätigen, daß die Ausdehnung der flüchtigen Stoffe eine begrenzte ſey. Würde daher der feſte Erdkörper aus der Atmoſphäre hinweggenommen, ſo würde zwar die Luft, aus der ſie beſteht, nicht mehr durch die Schwerewirkung desſelben zuſammengezogen, folglich einen größeren Raum einnehmen. Ihre Ausdehnung im Weltraume könnte aber das Volumen, welches ſich aus den Quantitäten der in ihr wirkenden +M und —M berechnet, nicht überſchreiten.

Die flüchtigen Stoffe haben ſämmtlich eine geringe Dichtigkeit. Nach den Verzeichniſſen über die Dichtigkeit der uns bekannten Stoffe ſind die leichteſten Flüſſigkeiten noch ungefähr 60-mal dichter als die ſchwerſten flüchtigen Stoffe. Die verhältnißmäßig geringe —M ſetzt in ihnen der weit größeren +M erſt dann eine Grenze, wenn der Stoff jene Ausdehnung erreicht, welche dem quantitativen Verhältniſſe der +M und —M in ihm entſpricht. Erſt wenn die +M dieſe Grenze überſchreiten will, wird die —M durch ſie im Stoffe geſpannt. Jede M wirkt aber nur im Zuſtande der Spannung. Solange alſo die +M innerhalb der Grenze mit äußerem Drucke zu kämpfen hat, kann die —M gegen ſie nicht wirkſam werden. Der äußere Druck vertritt ihre Stelle. Berechnet man das Volumen des Stoffes nach der im § 7 angegebenen Formel $r = \frac{n}{1 + n}$, ſo ergibt ſich dasſelbe bei einem Verhältniſſe der +M zu dem Drucke wie $100 : 1 = \frac{100}{101}$, bei dem Verhältniſſe

[1]) Philos. Transact. 1822 p. 89 u. Gilberts Annalen 1822 S. 37.
[2]) Gilberts Ann. 1819 S. 310.
[3]) Magazin für Pharmacie von Geiger Bd. XX S. 316.

von $100 : 2 = \frac{100}{102}$, bei dem Verhältniſſe $100 : 3 = \frac{100}{103}$ u. ſ. w. Das Volumen vermindert ſich alſo im gleichen Verhältniſſe mit der Stärke des Druckes, durch 2-fachen Druck um den 2-fachen Raum, durch 3-fachen Druck um den 3-fachen Raum u. ſ. w., wie es im Wege der Erfahrung zuerſt von Mariotte entdeckt und von Arago, Dulong und Pouillet durch genauere Verſuche beſtätigt gefunden wurde. Diejenigen Gaſe, welche, wie ſchweflige Säure, Ammoniak, Kohlenſäure, bei einer beſtimmten Stärke des Druckes in flüſſige Form übergehen, werden zwar, wenn ihre Verdichtung ſich dem Punkte des Flüſſigwerdens annähert, merklich in höherem Grade zuſammengedrückt. Die ſtärkere Verringerung des Volumens hat aber dann ihren Grund ſchon in dem beginnenden Uebergange zur Flüſſigkeit, welcher unter dem Einfluſſe der $\pm$M zu Stande kommt. (Vgl. § 14.) Nach den genaueſten Meſſungen Regnault's ergaben ſich auch noch andere Abweichungen von dem mariotte'ſchen Geſetze, wobei ſich das Volumen der Gaſe immer etwas kleiner zeigte, als es nach der Berechnung ſeyn ſollte, jedoch nur in ſehr unbedeutendem Maße. Das Waſſerſtoffgas, bei welchem die +M am meiſten überwiegt, ließ dagegen gar keine größere Nachgiebigkeit erkennen. Bei zunehmendem Drucke ſchien ſich ſogar ſeine Zuſammendrückbarkeit zu vermindern. Es wird daher von den Phyſikern als dasjenige Gas bezeichnet, welches ſich unter allen Gaſen am meiſten dem „ideellen" nähert[4]).

Dem äußeren Drucke gleich bewirkt nach der Erfahrung die Kälte bei allen flüchtigen Stoffen eine gleichmäßige Verringerung des Volumens und übereinſtimmend hiemit die Wärme eine gleichmäßige Vergrößerung desſelben. Die Wärme wirkt alſo hier im Vereine mit der +M, die Kälte im Vereine mit der —M. Wird daher der flüchtige Stoff von jedem äußeren Drucke befreit, ſo muß durch die Wärme in ihm das Streben entſtehen, die ſeiner +M geſetzte Grenze zu erweitern, durch die Kälte das Streben, die Grenze enger zu ziehen, und dieſem Streben tritt die $\pm$M erſt dann hindernd entgegen, wenn der Stoff die weiteſte Ausdehnung erreicht hat, welche in ihm die —M der +M geſtattet.

---

[4]) Eiſenlohr a. a. O. S. 447.

b) Flüſſige Stoffe.

§ 14.

Die ±M kann in der Verbindung der +M und —M weiter gehen. Sie kann die Grenze zwiſchen beiden, deren Beſtimmung ſie im flüchtigen Stoffe dem Zuſammenwirken beider allein überläßt, *befeſtigen*, ſohin das dem Verhältniſſe beider entſprechende Volumen gegen äußere Störungen aufrecht erhalten, indem ſie einer jeden von beiden, welche, durch äußeren Zuwachs verſtärkt, ihre Wirkung auf Koſten der andern erhöhen möchte, entgegenwirkt. Bei dieſer Verbindung werden die +M und —M nicht bloß durch einander, ſondern zugleich auch durch die ±M beſchränkt. Die ±M beſchränkt indeſſen *keine* von ihnen *weiter*, als ſie urſprünglich *einander ſelbſt* beſchränken. Sie befindet ſich alſo ihnen gegenüber im *Gleichgewichte*.

Die Flüſſigkeiten leiſten zwar nicht, wie man in früherer Zeit glaubte, jeder Verkleinerung ihres Volumens durch äußeren Druck *abſoluten* Widerſtand. Ihre Zuſammendrückbarkeit iſt jedoch eine ſo geringe, daß im Vergleiche mit den flüchtigen Stoffen der weſentliche Unterſchied zwiſchen beiden ſogleich in die Augen fällt. Bei dem Waſſer beträgt die Verminderung des Volumens durch den Druck 1 Atmoſphäre nicht einmal 0,00005, bei dem Queckſilber nur ungefähr 0,0000001. Auch die Ausdehnung durch die Wärme iſt bei den flüſſigen Stoffen eine viel geringere und nicht ſo gleichmäßig wie bei den flüchtigen. Die Erwärmung des Waſſers vom Gefrierpunkte bis zum Siedepunkte vermag ſein Volumen nur um 0,046 zu vergrößern. Bei Erreichung des Siedepunktes aber geht es in Dampf über und nimmt dann nach *Gay-Luſſac* einen beinahe 1700-mal größeren Raum ein. Hinge das Volumen von der +M und —M allein ab, dann müßte es ſich immer in gleichem Verhältniſſe vergrößern, in welchem die +M durch die Wärme einen Zuwachs erhält, und die *plötzliche* Ausdehnung bei dem Uebergange in Dampf wäre nicht zu erklären. Das Volumen der Flüſſigkeit iſt jedoch auch noch durch die ±M bedingt. Dieſe befindet ſich, ſolange die +M und —M mit einander im Gleichgewichte ſtehen, mit denſelben gleichfalls im Gleichgewichte. Sobald aber die +M, von der Wärme unterſtützt, anfängt, gegen

die —M ein Uebergewicht zu erlangen, wird ſie gegen die erſtere geſpannt, und ihre Spannung wächſt mit der Größe dieſes Uebergewichtes, bis die +M nebſt dem Widerſtande der —M zugleich auch jenen der ±M überwunden hat. Bis dahin unterſtützt die ±M die —M im Kampfe gegen die +M, ſo daß dieſe nur eine unbedeutende Ausdehnung des Volumens zu bewirken vermag. Mit der Ueberwindung der ±M löſt ſich jedoch plötzlich das Band, welches bisher die räumliche Grenze aufrecht erhielt, und der +M ſteht nun nichts mehr im Wege, dem Stoffe jene Ausdehnung zu geben, welche dem veränderten Verhältniſſe zwiſchen ihr und der —M entſpricht.

Die Begrenzung der +M durch die —M iſt ferner in der Flüſſigkeit nur eine äußerliche, d. h. ſie erſtreckt ſich nur auf die Größe der Raumerfüllung. Innerhalb der Grenze des Volumens genießt die +M noch immer die nemliche Freiheit wie im flüchtigen Stoffe. Sie kann daher auch in der Flüſſigkeit jedem äußeren Drucke, welcher ihr auf der einen Seite begegnet, nachgeben, muß aber dafür den Stoff, weil ihr eine räumliche Veränderung nur unbeſchadet des Volumens geſtattet iſt, in gleichem Maße nach einer anderen Seite hin ausdehnen. Nur die Schwere iſt es, welche ſie hiebei im Allgemeinen beſchränkt. Dieſe zwingt ſie, die Flüſſigkeit auf der Erdoberfläche abwärts nach der Form der Gefäſſe, aufwärts in eine horizontale Fläche und, inſoweit keine äußere Anziehung der Schwere ſtattfindet, ſie nach allen Seiten gleich, ſohin in Kugelform auszudehnen. Die Kugelform, welche jede Flüſſigkeit, ſich ſelbſt überlaſſen, annimmt, hat ihren Grund zunächſt darin, daß die +M und —M einander mit um ſo größerer Stärke entgegenwirken können, je kleiner die Grenzfläche iſt, in der ſich ihre Wirkungen begegnen. Nach § 10 Z. 7 iſt hierauf auch die Wirkung der ±M in der Schwere gerichtet. Wird dagegen die Flüſſigkeit durch die Schwere von anderen Stoffen angezogen, dann unterſcheidet ſich die Wirkung der ±M von jener der beiden andern M. Während dieſe ohne Unterſchied in kleiner wie in großer Quantität Flüſſigkeit immer gleichmäßig auf die Entſtehung der Kugelform hinwirken, wird die Anziehung zwiſchen der Flüſſigkeit und dem Stoffe außer ihr, welche die Entſtehung dieſer Form hindert, mit der Quantität beider Stoffe immer größer.

Daher bilden im Allgemeinen nur sehr kleine Massen von Flüssigkeit auf festen Stoffen runde oder halbkugelförmige Tropfen. Größere Massen werden durch die Schwere mehr oder weniger platt gedrückt, und in noch größerer Menge rinnt die Flüssigkeit auf einer horizontalen Ebene nach allen Seiten auseinander.

Die Verbindung aller Theile einer Flüssigkeit durch die ±M bewirkt endlich in derselben ein gewisses Streben, ihre Theile im Zusammenhange zu erhalten. Wenn daher ein fester Körper eine Flüssigkeit berührt und davon benetzt wird, so daß er nicht mehr von ihr getrennt werden kann, ohne daß ein Theil davon an ihm hängen bleibt, bedarf es eines bestimmten Kraftaufwandes, um den festen Körper mit dem anhängenden Theile der Flüssigkeit von dem Reste derselben zu trennen. Das Streben nach Zusammenhang muß vorzüglich an der Oberfläche der Flüssigkeit hervortreten, weil in dieser durch die ±M eine Zusammenziehung der Stofftheile bloß neben einander und nach innen bewirkt, im Innern dagegen jeder Theil nach allen Seiten gleichmäßig angezogen wird. Die Oberfläche einer jeden Flüssigkeit erscheint daher wie ein gespanntes Häutchen, während im Inneren derselben freie Beweglichkeit herrscht. Kleine Insekten können sich nur mit Mühe durch die Oberfläche eines Wassertropfens hindurch arbeiten, bewegen sich aber ganz leicht im Innern desselben. Ein Trinkglas kann man durch vorsichtiges Aufgießen über den Rand mit Flüssigkeit anfüllen, ohne daß diese überläuft. Die gespannte Oberfläche des Wassers vermag sogar kleine Eisenstücke zu tragen, welche, wenn sie einmal die Oberfläche durchdrungen haben, im Wasser sogleich zu Boden fallen [5]). Der Wasserdunst verdichtet sich bei dem Uebergange in den flüssigen Zustand auch zuerst an der Oberfläche. Die Wolken bestehen aus kleinen Wasserbläschen, welche inwendig noch mit Dunst gefüllt sind. Sie vermögen sich daher ungeachtet der größeren Schwere des Wassers in der Luft zu erhalten und fallen erst dann als Regen herab, wenn sie sich durch Aufnahme einer hinlänglichen Quantität Wassers vergrößert haben.

[5]) Liebig: Chemische Briefe III. Aufl. S. 234.

c) Feste Stoffe.

§ 15.

Die ±M begnügt sich nicht damit, der +M, wie in den flüchtigen Stoffen, durch die —M überhaupt eine Grenze zu setzen, noch auch damit, diese Grenze, wie in den flüssigen Stoffen, für ein bestimmtes Volumen zu befestigen, wobei die +M innerhalb der Grenze immer noch unbestimmt bleibt, — sondern die +M soll ihrer Freiheit gänzlich beraubt, sie soll durch die —M auch innerhalb des Volumens, in jedem Punkte, also absolut bestimmt werden. Das Mittel hiezu ist, daß die ±M die +M und —M zwingt, einander in bestimmten Richtungen entgegenzuwirken. Da auf diese Weise beide durch die ±M in höherem Maße beschränkt werden, als sie einander selbst beschränken, befindet sich dann die ±M gegen sie im Uebergewichte.

Gelänge der ±M auf diesem Wege eine absolute Bestimmung, so würden sich die 3 M im Produkte vollständig durchdringen. Ihre Vereinigung wäre die innigste, welche sich durch die bloße Produktion von Stoffen erreichen ließe, und das Produkt wäre, obgleich noch keine wahre Einheit der 3 M, doch seines gesicherten Bestandes wegen geeignet, wenigstens den Schein eines wahrhaft Seyenden zu erregen. Das Streben der ±M geht darum auch immer und überall auf Befestigung der Stoffe. Der flüchtige Zustand erscheint gewissermaßen nur als eine Vorbereitung zur Stoffbildung, und im flüssigen Zustande befindet sich der Stoff erst auf der Stufe seiner Bildungsfähigkeit. Allein schon die Erfahrung zeigt, daß es der Natur nicht bei allen Stoffen oder doch nicht bei allen in gleichem Maße gelingt, den Uebergang in den festen Zustand zu bewirken. Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff konnten bisher mit allem Aufwande künstlicher Mittel noch nicht einmal in flüssige Form gebracht werden. Andere Gase lassen sich zwar durch Druck und Kälte in flüssige und theilweise sogar in feste Stoffe verwandeln; sie gehorchen jedoch hiebei nur einem äußern Zwange und kehren, sobald dieser aufhört, schnell wieder in den flüchtigen Zustand zurück. Diejenigen Stoffe, welche bei gewöhnlicher Temperatur flüssig sind, erfordern sehr verschiedene Kältegrade zum Gefrieren. In den festen Stoffen ist endlich auch die Festigkeit eine

ſehr verſchiedene, und einen abſolut feſten Stoff gibt es nicht und kann es nicht geben, weil die ±M den andern M gegenüber ſich höchſtens nur im Uebergewichte befindet, niemals aber dieſelben vollkommen zu überwinden im Stande iſt.

Die natürliche Ordnung unter den 3 M bringt es mit ſich, daß im Allgemeinen das Wirken der +M und —M dem der ±M vorauszugehen hat. Wie ſich dieſe mit jenen erſt dann in's Gleichgewicht ſetzt, wenn einmal die +M im flüchtigen Stoffe durch die —M auf ein viel kleineres Volumen eingeſchränkt iſt, ſo muß auch in der Flüſſigkeit eine weitere Wirkung der —M auf die +M vorausgehen, wenn die ±M das Uebergewicht über beide erlangen ſoll. Wenn ſich nämlich die Wirkſamkeit der —M in einer Flüſſigkeit durch äußere Urſachen (z. B. durch ſteigende Kälte) erhöht, ſo entſteht keine entſprechende Verdichtung, weil die ±M in Gemeinſchaft mit der +M der Verminderung des Volumens Widerſtand leiſtet (§ 14). Nimmt aber die Wirkung der —M ſo ſehr überhand, daß der gemeinſame Widerſtand der +M und ±M nicht mehr ausreicht, das Volumen nach allen Seiten hin zu erhalten, dann unterſtützt die ±M die +M *nur noch in beſtimmten Richtungen* und verbindet ſie in *dieſen* mit der —M, gibt dagegen die übrigen Richtungen dem Uebermaße der —M preis und geſtattet in dieſen der —M, in den Raum, welchen bisher die Flüſſigkeit erfüllte, einzudringen und eine Verdichtung des Stoffes zu bewirken.

Daß jedes Feſtwerden mit einer theilweiſen Verdichtung des Stoffes verbunden iſt, erhellt ſchon aus der hiebei gewöhnlichen und beſonders bei raſchem Uebergange bemerkbaren Wärmeentwicklung (Vgl. § 32 u. 33). Behält der Stoff deſſenungeachtet ſein früheres Volumen bei, ſo kann dieſes nur dadurch geſchehen, daß durch das ausſchließliche Zuſammenwirken der +M und —M in beſtimmten Richtungen der Körper in ſeinem Innern leere oder doch nicht gleichförmig erfüllte Zwiſchenräume erhält. Leere Zwiſchenräume müſſen entſtehen, wenn ein Körper aus Theilkörpern zuſammengeſetzt wird, deren Oberflächen nicht in allen Punkten zuſammenfallen. Wie wir im § 18 ſehen werden, enthalten alle ſogen. amorphen Stoffe eine ſolche Zuſammenſetzung und die Erfahrung lehrt, daß ſich auch die Kryſtalle mehr oder minder ähnlich ver-

halten. Alle feſten Körper ſind daher porös. Manche Körper werden dadurch ungeachtet ihrer Verdichtung beim Erſtarren ſpezifiſch leichter. Das Eis z. B., welches in ſeinen Poren Luft enthält, ſchwimmt auf dem Waſſer. In einigen Stoffen, wie im Eiſe, Schwefel und Gußeiſen, bewirkt das Erſtarren ſogar noch eine größere Ausdehnung des Volumens, woraus ſich ergibt, daß hiebei die +M in den von der ±M feſtgehaltenen Richtungen ihre Wirkung erhöht.

Die Verbindung der +M und —M in den beſtimmten Richtungen hat zur Folge, daß die Stofftheile ihre Lage in den nemlichen Richtungen gegenſeitig feſthalten und jeder äußeren Gewalt, welche ſie daraus verdrängen will, widerſtehen. Dieſer Widerſtand heißt Cohäſion und iſt eine Wirkung der ±M. Er iſt um ſo größer, je mehr die +M und —M in der Richtung verbunden ſind, in welcher ihnen die äußere Gewalt entgegenwirkt. Ihre Verbindung muß wenigſtens in 3 verſchiedenen Richtungen nach den Abmeſſungen des Raumes geſchehen, weil außerdem die Entſtehung eines feſten Körpers gar nicht denkbar wäre. Setzt ſie ſich gleichförmig durch alle Theile des Körpers nach den nemlichen Richtungen fort, ſo entſteht dadurch zwar auch in anderen Richtungen eine Cohäſion, reſultirend nach dem Geſetze des Kräfteparallelogramms, jedoch nur in geringerem Grade. Je weniger dagegen die Verbindung beider M für beſtimmte Richtungen entſchieden iſt oder je ungleichförmiger ſich ihre Verbindung nach den nemlichen Richtungen im Körper fortſetzt, deſto geringer wird ſeine Cohäſion im Ganzen [1]). Die Mittel, deren ſich die Technik bedient, um die Cohäſion der Stoffe zu vermehren, zielen darauf ab, das Zuſammenwirken der +M und —M nach beſtimmten Richtungen im ganzen Körper entſchiedener und gleichförmiger zu

---

[1]) Nach Frankenheims Beobachtungen beſtehen die ſogen. halbfeſten oder dickflüſſigen Subſtanzen aus einem Gemenge von Flüſſigkeit und feſten Stoffen faſt gleichen ſpezifiſchen Gewichtes und ſtarker Flächenanziehung, ſo daß ſie ſchwer zu trennen ſind. Der Zuſammenhang der feſten Körper, durch welchen ſich das Wirken der +M und —M nach beſtimmten Richtungen fortſetzt, iſt hier durch die zwiſchen den feſten Körpern vertheilte Flüſſigkeit theilweiſe aufgehoben. — Poggend. Annal. Bd. 111 J 1862 S. 8.

machen. Auf dieſe Weiſe wird das Eiſen dnrch Zuſatz von Kohle, wodurch es ein kryſtalliniſches Gefüge erhält, in Stahl verwandelt. Durch ſchnelles Abkühlen in heißem Zuſtande wird die Härte des Stahles und Glaſes bedeutend vermehrt. Es bewirkt eine größere Entſchiedenheit der beiden M für beſtimmte Richtungen in einzelnen Theilen, zugleich aber auch eine größere Ungleichförmigkeit ihrer Verbindung im Ganzen, indem die $\pm$M nicht genug Zeit hat, dieſelbe für alle Theile des Körpers nach und nach in Uebereinſtimmung zu bringen. Der Stahl und das Glas werden dann von andern harten Körpern ſchwerer geritzt, zerſpringen aber leichter, wenn man es verſucht, ſie zu biegen, d. h. ſie werden „ſpröde". Die Vermehrung der Cohäſion in beſtimmten Richtungen zwiſchen einzelnen Theilen bewirkt in ſpröden Körpern zugleich eine Verminderung, ja bisweilen ſogar eine Aufhebung der Cohäſion in den vernachläſſigten Richtungen zwiſchen anderen Theilen. Bei ſehr gehärteten Stahlſtücken, wie z. B. bei den Stempeln zum Prägen der Münzen kommt es nicht ſelten vor, daß ſie mit der Zeit, wenn man ſie auch ruhig liegen läßt, von ſelbſt Sprünge erhalten und zerfallen.

a) Formen der feſten Stoffe (Kryſtalle).

§ 16.

Die regelmäßigen Formen der Kryſtalle mit ihren ebenen Flächen, gradlinigen Kanten und genau abgemeſſenen Winkeln, wie ſie der geſchickteſte Künſtler mit Lineal und Zirkel nicht beſſer zu machen im Stande wäre, ſind eine auffallende Erſcheinung in der Natur. Man erkennt in ihnen das Werk eines berechnenden Verſtandes, welcher die Geſetze der Geometrie befolgte, wenn man auch nicht begreift, wie der Stoff einer ſolchen Verſtandesthätigkeit zugänglich wurde. An einzelnen Kryſtallen finden ſich zwar nicht ſelten Abweichungen, aus welchen hervorgeht, daß es der Natur nicht immer gelang, die von ihr angeſtrebte Form vollſtändig zu erreichen. Dieſe Abweichungen ſind jedoch immer nur Folgen zufälliger Hinderniſſe, welche die Bildung der Kryſtalle ſtörten. Je ungeſtörter dieſe vor ſich geht, deſto mehr nähern ſich die Kryſtallformen ihrer Vollkommenheit, und im Ganzen richtet

ſich ſowohl die Bildung jeder einzelnen Kryſtallform als das Verhältniß der verſchiedenen Kryſtallformen unter einander nach beſtimmten Geſetzen, welche ohne Zuhülfenahme der Erfahrung aus dem reinen Denken abgeleitet werden können. Durch bloße geometriſche Konſtruktion iſt es der Kryſtallographie gelungen, den ganzen Reichthum der in der Natur vorkommenden Kryſtallformen auf wenige Grundformen zurückzuführen und auch dieſe noch aus den einfachen Prinzipien der Unterſchiede in den Größen und Neigungen der Axen nach den verſchiedenen Dimenſionen des Raumes abzuleiten.

Während jedoch die Kryſtallographie auf dieſe Art von den Naturforſchern und Mathematikern mit großem Scharfſinne ausgebildet wurde, herrſcht über die Entſtehung der Kryſtalle in der Natur immer noch ein großes Dunkel. Wir wollen nun zuerſt betrachten, welchen Gewinn hier die Naturwiſſenſchaft bisher aus der von ihr ſo eifrig gepflegten atomiſtiſchen Theorie zu ziehen vermochte, und dann ſehen, was durch die dynamiſche Theorie hätte erzielt werden können, wenn man derſelben die ihr gebührende Beachtung hätte zu Theil werden laſſen.

AA. Atomiſtiſche Erklärungsverſuche.

§ 17.

Aufgabe der Kriſtallogenie iſt es, nicht bloß die Urſachen anzugeben, welche die Kryſtallformen in der Natur hervorbringen, ſondern auch zu erklären, woher es kommt, daß ein beſtimmter Stoff beim Kryſtalliſiren eine beſtimmte Form annimmt, und wenn ein Stoff in verſchiedenen Formen kryſtalliſirt, wie eine ſolche Verſchiedenheit ſtattfinden kann.

Nach der atomiſtiſchen Theorie beſtehen alle Stoffe aus Atomen und unterſcheiden ſich nur durch ihre Atome und deren Eigenſchaften. Man mußte daher die Kryſtalle aus den Atomen und die Gleichheit und Verſchiedenheit ihrer Formen aus einer Gleichheit und Verſchiedenheit der Atome erklären. Nach Dalton und Berzelius ſollten alle Atome kugelförmig ſeyn. Die Urſachen der Kryſtallformen konnten hienach nicht in der Form, ſondern nur in der Zahl, Größe und Lagerung der Atome geſucht werden. Dachte man ſich dieſelben als gleich groß, ſo war es

leicht, durch Zuſammenlegung aus ihnen alle möglichen regelmäßigen Körper zu konſtruiren. Dachte man ſie von ungleicher Größe, — wozu nur bei den aus verſchiedenen Elementarſtoffen zuſammengeſetzten Körpern ein Grund gegeben zu ſeyn ſchien, — ſo hatte man die kleineren mit den größeren gleichmäßig im Raume zu vertheilen und mußte mitunter Abſtände zwiſchen den kleineren und größeren eintreten laſſen, um die verlangte Form zu Stande zu bringen. Zudem geſtattete die atomiſtiſche Theorie überhaupt nicht, alle Atome eines Körpers in unmittelbarer Berührung mit einander zu denken, weil ſie dieſelben mit Aetheratmoſphären umgeben hatte, welche ſie von einander entfernt halten und dem Körper die Möglichkeit einer Ausdehnung und Zuſammenziehung gewähren ſollten. Aus der Größe der Atome ließ ſich daher unmittelbar gleichfalls keine Kryſtallform erklären. Es blieben alſo nur noch die Zahl der Atome und die Art ihrer Verbindung als Erklärungsgründe übrig.

Man ſtellte nun den Satz auf: Die gleiche Zahl von Atomen auf gleiche Weiſe mit einander verbunden bringt eine gleiche Kryſtallform, eine ungleiche Zahl oder die gleiche Zahl von Atomen auf ungleiche Weiſe mit einander verbunden, eine ungleiche Kryſtallform hervor, ohne daß es im Uebrigen auf die Beſchaffenheit der Atome anzukommen hätte. Die Richtigkeit dieſes Satzes ſchien ſich auch in der Erfahrung zu beſtätigen. Man glaubte nemlich entdeckt zu haben, daß manche chemiſch verſchiedene Stoffe, bei welchen jedoch die Aequivalentzahlen in den chemiſchen Formeln übereinſtimmen, in gleichen Formen kryſtalliſiren, und daß hiebei gewiſſe chemiſch verſchiedene Stoffe mit gleichen Aequivalent- (Atomen-) Zahlen einander vertreten können, ohne daß ſich die Kryſtallform ändert. Man nannte deshalb dieſe Stoffe iſomorphe. Bei fortgeſetzter Beobachtung fand ſich jedoch die Erſcheinung der Iſomorphie immer nur auf einen gewiſſen Kreis von Stoffen beſchränkt. Man überzeugte ſich, daß hieraus kein allgemein gültiges Geſetz abzuleiten ſey, und weder aus der Uebereinſtimmung chemiſcher Formeln immer auf eine gleiche Kryſtallform, noch aus einer Verſchiedenheit der chemiſchen Formeln immer auf eine ungleiche Kryſtallform geſchloſſen werden kann. Bei genauerer Prüfung ergab ſich jedoch, daß auch die Kryſtallformen, welche durch Sub-

ſtitution iſomorpher Stoffe hervorgebracht werden, — abgeſehen von jenen des teſſeralen Syſtems, bei dem die Unterſchiede in den Dimenſionsverhältniſſen verſchwinden, — niemals einander vollkommen gleich, ſondern immer nur mehr oder minder ähnlich ſind[1]), weshalb man in neuerer Zeit den Ausdruck „Iſomorphismus" gegen den des „Homöomorphismus" vertauſchte.[2]).

Es iſt ferner eine ganz gewöhnliche Erſcheinung, daß ein und derſelbe Stoff, bei welchem alſo die Zahl der Atome als die gleiche angenommen werden muß, in verſchiedenen, wenn auch einander verwandten Formen kryſtalliſirt. Man hat z. B. den Kalkſpath ſchon in mehr als 100 verſchiedenen Formen als Rhomboeder, Skalenoeder, hexagonales Prisma und hexagonale Pyramide gefunden, wozu noch überdieß 750 Kombinationsformen kommen[3]). In einigen, allerdings ſeltener vorkommenden Fällen, welche man mit den Namen der Dimorphie und Trimorphie bezeichnet, gehören die Kryſtallformen eines und deſſelben Stoffes ſogar verſchiedenen Syſtemen an. Dieſen Thatſachen gegenüber erklärt uns die Atomiſtik, daß es eben eine anders geordnete Verbindung der Atome ſey, welche ungeachtet ihrer gleichen Anzahl die Verſchiedenheit der Kryſtallformen bewirke. Iſt jedoch die Art der Verbindung von der Zahl der Atome unabhängig und kann jene bei gleicher Zahl eine verſchiedene Kryſtallform bewirken, warum ſollte ſie nicht auch bei verſchiedener Zahl eine gleiche oder ähnliche Kryſtallform bewirken können? Wäre die Atomiſtik im Stande, die Verbindung der Atome im Kryſtalle zu erklären, dann könnte ſie von der Zahl derſelben füglich ganz abſehen. Die Art der Verbindung allein würde hinreichen, die Kryſtallform vollkommen begreiflich zu machen. Es fragt ſich daher vor Allem, welchen Aufſchluß uns die Atomiſtik hierüber zu geben vermag.

Bei genauer Unterſuchung der Kryſtalle zeigt ſich, daß dieſelben in gewiſſen Richtungen, welche man ihre Blätterdurchgänge nennt, leichter als in andern ſpaltbar ſind. Die Theilungsflächen befinden ſich entweder den Kryſtallflächen parallel oder in einer

[1]) Frankenheim in Poggend. Ann. a. a. O. S. 34.
[2]) Schrauf: Lehrbuch der phyſ. Mineralogie 1866—1868 Bd. I S. 52.
[3]) Naumann: Elemente der Mineralogie VI. Aufl. 1864 S. 225.

andern, nach ihnen bestimmten, sich gleich bleibenden Lage und durchschneiden sich meistens in der Art, daß der Krystall durch die Theilung in den Spaltungsrichtungen, welche man, solange die Feinheit der Instrumente es gestattet, nach Belieben fortsetzen kann, in immer kleinere Körperchen zerfällt, deren Gestalt entweder die nemliche ist, wie die des ganzen Krystalles, oder doch damit in einer solchen Beziehung steht, daß sie krystallographisch aus ihr abgeleitet werden kann. So zerfällt z. B. der in Würfelform krystallisirte Bleiglanz beim Zerschlagen in kleinere Würfel und und der in Form eines sechsseitigen Prismas krystallisirte kohlensaure Kalk in Rhomboeder, aus welchem sich das sechsseitige Prisma ableiten läßt, wenn man durch alle seine Ecken Ebenen legt[4]). — Hauy, welcher zuerst die Wichtigkeit dieser eigenthümlichen Erscheinung für das Studium der Krystalle erkannte, gründete hierauf sein System der Krystallographie. Er nannte die aus der Theilung sich ergebende Gestalt den Kern (noyau) der Krystalle, und nahm an, daß dieser Kern aus letzten Theilchen (molécules intégrantes) bestehe, welche ohne chemische Auflösung des Stoffes in seine Elemente (molécules élémentaires) nicht mehr weiter getheilt werden können, und daß diese Theilchen die einfachsten Formen haben, welche durch ihre Zusammensetzung die verschiedensten Krystallformen erzeugen[5]). Von dieser Annahme ausgehend, suchte nun Hauy zu zeigen, wie die einzelnen Krystallformen durch Uebereinanderlagerung solcher integrirender Molecüle entstehen und aus den primitiven Formen der Kerne bei der Auflagerung einer Schichte nach der andern durch Abnahme einer Molecülenreihe nach der andern an den Kanten und parallel denselben (décroissement sur les bords), an den Ecken und parallel den Diagonalen der Flächen (décroissement sur les angles) oder nach mittleren Richtungen zwischen beiden Linien (décroissement intermédiaire) die secundären Formen der Krystalle hervorgebracht werden können. In dem zu seinem berühmten Werke erschienenen Atlas ist dieses Verfahren durch Zeichnungen versinnlicht. Der Aufbau der Krystalle

---

[4]) Mohs: Leichtfaßliche Anfangsgründe der Naturgeschichte des Mineralreiches 1832 S. 94 u. f.

[5]) Traité de christallographie Paris 1822 T. I p. 44.

erscheint hier wie die Arbeit eines Maurers. Die Molecüle werden wie genau zubehauene Steine, Fläche an Fläche und Eck an Eck, bald in dieser, bald in jener Ordnung zusammengefügt, bis die beabsichtigte Kryſtallform fertig ist. Man begreift sehr leicht, wie auf diese Weise, wenn sie in der beschriebenen Ordnung zusammengesetzt werden, eine Kryſtallform nach der andern zu Stande kommt. Man begreift aber nicht, wie die Molecüle die hiezu erforderlichen Formen erhalten, und welche Ursache in den Kryſtallen bewirkt, daß sie sich in dieser Ordnung zusammensetzen. Mit der Erklärung der großen Kryſtalle aus kleinen ist die Lösung der Aufgabe nicht erreicht, sondern nur hinausgeschoben. Man hat zuerst die Entstehung der kleinen Kryſtalle zu erklären und dann zu zeigen, wie die Maurerarbeit ihrer Zusammenfügung von der Natur geleistet wird [6]).

Christ. Sam. Weiß, zuerst selbst ein eifriger Anhänger des Hauy, fand sich durch dessen atomistische Erklärungsweise sowenig befriediget, daß ihm gerade dadurch die Nothwendigkeit einer dynamischen Erklärung der Kryſtallformen recht fühlbar wurde. Das Streben nach einer solchen Erklärung führte ihn zur Erfindung eines neuen Systems der Kryſtallographie nach axinometrischen Grundsätzen, welches nun in Deutschland zur Herrschaft gelangt ist, während in Frankreich das von Hauy noch immer ein ungeschmälertes Ansehen genießt. Weiß beabsichtigte mit seinem System die Gründung einer dynamischen Kryſtallogenie. Ein kurzer Entwurf, welcher ersehen läßt, wie Weiß diese neue Wissenschaft zu entwickeln gedachte, findet sich als Anhang in der von ihm mitbearbeiteten deutschen Uebersetzung des Lehrbuchs der Mineralogie von Hauy. Dieser Entwurf ist freilich sehr allgemein gehalten und gab viel zu wenig leitende Gesichtspunkte an die Hand, als daß die von der atomistischen Vorstellungsweise beherrschte deutsche Naturwissenschaft es über sich hätte gewinnen können, dem genialen Manne auf diesem Wege zu folgen. Man wußte das axinometrische

[6]) Hauy gestand a. a. O. p. 235 selbst, daß er diese Zusammenfügung nicht erklären könne, und der von ihm angedeutete Versuch einer Erklärung durch ungleiche Anziehung zwischen den aufgelösten Molecülen bietet so wenig Aussicht auf Erfolg, daß Hauy selbst sich nicht weiter damit befaßte.

System nur nach den Grundsätzen der Atomistik in der Art zu verwerthen, daß man nach den Axen die Richtungen bestimmte, in welchen sich die Atome der Elementarstoffe zur Bildung der ursprünglichen Formen in den Molecülen der Krystalle aneinander lagern sollten [7]). Als Grund dieser Verbindung findet sich jedoch nur die gegenseitige chemische Anziehung der Atome. Aus ihr hatte man nicht bloß die Verbindung der Atome in den Molecülen, sondern auch die Verbindung der Molecüle in den Krystallen zu erklären. Hiebei begegnet man aber unbesiegbaren Schwierigkeiten.

Die Anziehung zwischen Körpern erklärt überhaupt nur deren möglichste Annäherung im Raume, nicht aber deren Verbindung zu einer hievon abweichenden Gestalt. Durch die möglichste Annäherung entstünde die Kugelform; jede andere Form hindert die möglichste Annäherung der Atome unter einander. — Betrachtet man eine der einfachsten und regelmäßigsten Formen, z. B. den Würfel, welcher sich am ehesten als Grundform für die Molecüle eignen würde, weil sich, wie Hauy zeigte, aus kleinen Würfeln am bequemsten große Würfel und andere Formen für die Krystalle zusammensetzen lassen, so kann man zwar, wenn man alle Atome als gleich große Kugeln annimmt, durch Verbindung solcher Kugeln die Gestalt eines Würfels in der Art darstellen, daß jedes Eck davon durch eine Kugel angedeutet wird. Man braucht aber hiezu wenigstens 8, welche in 2 Reihen von je 4 über einander gelagert werden müssen. Ferner kann man dann, selbst wenn der krystallisirende Stoff eine chemische Verbindung der ersten Ordnung ist, wie z. B. beim Kochsalz, welches aus Chlor und Natrium besteht und dessen Krystalle den Würfel zur Kernform haben, nicht mehr annehmen, daß sich je 1 Atom des einen Elementes mit je 1 Atome des andern Elementes verbindet, sondern es müssen in jedem Molecüle je 4 Atome des einen Elementes mit je 4 des andern oder je 3, 2 oder 1 Atom des einen mit je 5, 6 oder 7 Atomen des andern verbunden seyn. Nimmt man an, daß sich die Atome beider Elemente in geraden Zahlen, zu 4 und 4 oder zu 2 und 6 verbinden, so begreift man nicht,

[7]) Schrauf a. a. O. Bd. I S. 43, Bd. II S. 168. — Knop: „Molecularconstitution und Wachsthum der Krystalle" 1867 S. 31 u f.

was die Zusammenhäufung der Atome bewirkt. Reicht je 1 Atom des einen Elementes hin, je 1 Atom oder je 3 Atome des andern zu sättigen, so sollte man meinen, daß ein solches Atom, dessen Anziehungskraft doch wohl durch die Sättiguug erschöpft seyn muß, nicht noch 3 oder 5 weitere Atome anziehen könne. Nimmt man aber an, daß sich die Atome beider Elemente in ungeraden Zahlen, zu 3 und 5 oder zu 1 und 7 verbinden, so begreift man wenigstens nicht, wie daraus die Würfelform entsteht, warum z. B. das 1 Atom des einen Elementes, wenn es die 7 Atome des andern Elementes gleichmäßig anzieht, nicht in deren Mitte, sondern an ein Eck zu stehen kommt, wo es nur 3 Atome des andern Elementes berührt, während die 4 andern Atome von ihm entfernt sind, warum ferner die 3 Atome des einen Elementes, wenn sie die 5 Atome des andern Elementes gleichmäßig anziehen, sich doch auf ungleichförmige Weise mit ihnen verbinden, warum sie, wenn sie zusammen in eine Reihe kommen, nur 1 Atom des andern Elementes in die nemliche Reihe aufnehmen und 1 Atom desselben ihnen so ferne steht, daß sie es gar nicht berühren, und wenn sie im Molecüle von einander getrennt sind, was ihre Trennung und ihre unsymmetrische Lage in der Trennung bewirkt. — Hätte man endlich alle diese Schwierigkeiten überwunden und die Entstehung der Grundformen in den Molecülen vollkommeu begreiflich gemacht, denn wäre erst noch zu erklären, wie diese Grundformen sich zur Krystallform vereinigen, wie es kommt, daß sich nicht etwa um eine solche Grundform alle übrigen regellos oder in der Runde herum, sondern geradlinig und in parallelen Schichten lagern, und daß diese Schichten sich alle gleich oder gleichmäßig zu- oder abnehmend begrenzen und auf solche Weise die Ebenen, Kanten und Ecke an der Oberfläche des Krystalles hervorbringen.

Dana, Wollaston, Bravais und Frankenheim, welche das System von Hauy fortbildeten, dachten sich die Molecüle wohl mit Kräften versehen, welche in jedem derselben vom Mittelpunkte aus nach verschiedenen Richtungen bald in gleichem, bald in ungleichem Maße, wie es eben die Krystallform erfordert, wirken sollten. Aber was ist mit einer solchen Annahme gewonnen? Man hat zwar der zu erklärenden Thatsache einen andern Ausdruck gegeben. Eine wahre Erklärung wird aber die

Atomistik überhaupt niemals zu finden im Stande seyn. Denn dazu fehlt es ihr an ausreichenden Prinzipien.

BB. Dynamische Krystallogenie.

§ 18.

Nur Kräfte können es seyn, welche die Formen der Stoffe verursachen. Das sieht Jedermann ein. Auch die atomistische Theorie sucht die Krystallformen aus Kräften zu erklären. Ihr Fehler besteht aber darin, daß sie den Stoff in den Atomen als einen schon *fertigen* voraussetzt und die Kräfte erst *hinterher* damit verbindet, während die dynamische Theorie lehrt, wie der Stoff selbst durch die Kräfte *entsteht*. Die Versicherung des Atomistikers, daß die Kräfte, welche jedes Atom besitzt, demselben innerlich und wesentlich seyen, ist bedeutungslos; denn er hat keinen Begriff davon, *wie* sie denselben innerlich sind und *wie* sie zu dessen Wesen gehören. In seiner Vorstellung sind sie mit den Atomen doch immer nur äußerlich verbunden. Erst in der dynamischen Theorie kann wahrhaft von *eigenthümlichen* Kräften eines Stoffes die Rede seyn; denn nach ihrer Lehre ist der Stoff selbst nichts anderes als eine Verbindung von Kräften, welche seine Erscheinung hervorbringen. Während daher in der atomistischen Theorie die Kräfte niemals zu einer eigentlichen Herrschaft über den Stoff gelangen, und dieser sich gewissermaßen immer in Auflehnung gegen sie befindet, fügt sich in der dynamischen Theorie der Stoff ganz von selbst dem Spiele der Kräfte, welche ihn durchwirken. Die Dynamik ist darum auch nur allein im Stande, die Formen der Stoffe aus den Kräften derselben begreiflich zu machen.

Krystalle entstehen nur bei dem Uebergange eines Stoffes aus dem flüssigen Zustande in den festen. Wenn aus Dämpfen sich Krystalle niederschlagen, wird der flüssige Zustand nicht übersprungen, sondern er bildet dann einen Uebergang, in welchem die Natur nicht merklich lange verweilt. Will man einen amorphen festen Stoff zum Krystallisiren bringen, so muß man ihn zuerst in flüssigen Zustand zurückversetzen, indem man eine auflösende Flüssigkeit oder schmelzende Wärme auf ihn einwirken läßt. Hierauf muß man ihm das Auflösungsmittel wieder entziehen, indem man im ersten Falle die auflösende Flüssigkeit in Dampf verwandelt

oder mit einem dritten Stoffe chemisch verbindet und im zweiten Falle den geschmolzenen Stoff erkältet. So krystallisirt z. B. das in Wasser aufgelöste Kochsalz, wenn man das Wasser durch Hitze abdampft, Salpeter und Kupfersalmiak aus einer wäßrigen Lösung bei Zusatz von Alkohol, Kampfer aus einer Alkohollösung durch Zusatz von Wasser, das Wasser selbst durch Erkältung unter den Gefrierpunkt. In allen diesen Fällen ist es eine und die nemliche Ursache, welche mit dem Festwerden zugleich die Krystallisation herbeiführt, nemlich daß der Stoff in einen Zustand versetzt wird, in welchem die −M ein Uebergewicht über die +M in ihm erlangt.

Die Krystallisation ist überhaupt nicht von dem Uebergange des Stoffes aus dem flüssigen Zustande in den festen verschieden und daher im Allgemeinen mit jedem solchen Uebergange nothwendig verbunden. Auch die Empiriker vermuthen nicht nur, daß alle Stoffe fähig seyen, zu krystallisiren, wenn die äußeren Bedingungen hiezu gegeben sind [1]), sondern halten es für wahrscheinlich, daß alle festen Körper in ihren kleinen Bestandtheilen krystallinisch gebildet seyen [2]). Die sogen. amorphen Stoffe zeigen sich bei mikroskopischer Untersuchung häufig als ein Aggregat kleiner, mehr oder minder ausgebildeter und unregelmäßig mit einander verbundener Krystalle. Nach Zirkel erweist sich jegliche Lava, sie mag noch so verschlackt seyn, unter dem Mikroskop, wenn der Schliff nur hinlänglich dünn und die Vergrößerung stark genug ist, als ein Aggregat von Krystallen. An künstlich erzeugtem Glase und anscheinend amorphen Metallen läßt sich durch Anwendung ätzender Flüssigkeiten ein krystallinisches Gefüge erkennbar machen [3]). Gehörig ausgebildete Krystalle entstehen freilich nur dann, wenn sich die Flüssigkeit bei dem Uebergange in den festen Zustand in vollkommener Ruhe befindet, weil die Kräfte des Stoffes ungestört wirken müssen, wenn sie die

[1]) Schrauf a. a. O. Bd. I S. 22.

[2]) Frankenheim Lehre von der Cohäsion S. 390.

[3]) Poggend. Annal. Bd. 119 J. 1863 S. 295. — Gehler: Physik. Wörterb. Bd. V S. 1301. — Vgl. auch Vogelsang: Philosophie der Geologie und mikroskop. Gesteinstudien 1867.

Krystallform hervorbringen sollen. Selbst ein zu schnelles Festwerden, z. B. durch zu rasches Verdampfen der Flüssigkeit, in welcher der krystallisirende Stoff aufgelöst ist, wirkt insofern schon störend, als hiebei zu viele Theile gleichzeitig erstarren und sich gegenseitig in der Ausbildung ihrer Formen hindern. Bei schnellerem Krystallisiren entsteht eine größere Zahl von Krystallen, welche aber selbst bei hinlänglich entwickelter Form nur eine geringe Größe erreichen, weil in jedem von ihnen nur ein kleiner Theil des Stoffes zum Festwerden gelangt. Bei langsamerem Krystallisiren dagegen entstehen zwar weniger Krystalle, weil das Festwerden nur an wenigen Punkten gleichzeitig beginnt und jeder sich bildende Krystall dadurch, daß er den Stoff in einem gewissen Umkreise an sich zieht, die Entstehung neuer Krystalle in dem nemlichen Umkreise hindert; ebendeshalb aber, weil dann zur Bildung jedes einzelnen Krystalles eine größere Menge Stoffes verwendet wird, werden die Krystalle größer. Der amorphe Zustand eines festen Stoffes ist daher nur dem Grade nach von den krystallinischen verschieden, und wenn sich auch gar keine Spur einer krystallinischen Form erkennen läßt, so fehlte es ihm bei seinem Uebergange in den festen Zustand keineswegs an Kräften, welche eine solche Form hervorzubringen strebten. Sie ist eben durch die Störungen, welchen das Zusammenwirken der Kräfte unterlag, unmerklich geworden.

Jeder Krystallisation geht eine Spannung voraus, in welcher die ±M das Gleichgewicht, welches in der Flüssigkeit zwischen der +M und —M nach allen Richtungen besteht, noch aufrecht zu erhalten sucht. Im Wasser beginnt diese Spannung bei sinkender Temperatur schon zwischen +3 und 4°C. Hier erreicht nemlich das Wasser seine größte Dichtigkeit. Erniedrigt man seine Temperatur noch weiter, so zeigt sich in ihm die Neigung der +M ihr Wirken nach bestimmten Richtungen zu theilen, dadurch, daß sein Volumen anfängt, sich zu vergrößern. Bei vollkommener Ruhe und in verschlossenen Gefäßen kann es dann bis auf —6°C., ja in luftleerem Raume sogar bis auf —12°C erkältet werden, ohne daß es gefriert. In diesem Zustande der höchsten Spannung reicht aber dann schon die geringste Erschütterung, z. B. die bloße Berührung mit einer Nadelspitze an der Oberfläche hin, um es

plötzlich in Eis zu verwandeln. Concentrirte Essigsäure, welche in offenen Gefäßen schon bei +13°C. erstarrt, kann man in geschlossenen Gefäßen bis zu —12°C. in flüssigem Zustande erhalten. Beim Schütteln des Gefäßes wird sie aber schon früher fest. Bei vielen Auflösungen von Salzen in siedend heißem Wasser beginnt die Krystallisation nach dem Erkalten erst dann, wenn das Gleichgewicht durch irgend eine Bewegung, z. B. durch das Hineinfallen eines Stäubchens, aufgehoben wird. Kleine Tropfen bleiben leichter im Gleichgewichte, als größere Massen von Flüssigkeit, welche an ihrer Oberfläche äußeren Störungen einen größeren Einfluß gestatten. Darum erhalten sich auch jene in der Kälte länger flüssig. Wenn dagegen die Krystallisation einer Flüssigkeit einmal an einer Stelle begonnen hat, dann pflanzt sie sich durch die ganze Flüssigkeit fort, bis kein Theil derselben, dessen Temperatur unter dem Gefrierpunkt steht, mehr flüssig ist[4]).

Die Krystallisation beginnt in jeder Flüssigkeit da, wo die Spannung zwischen der +M und —M, wenn sie von der ±M nicht mehr erhalten werden kann, anfängt, sich zu entladen, also wo z. B. die verdampfende Flüssigkeit zuerst den Grad der Uebersättigung oder die erkaltende Flüssigkeit zuerst die unter den Schmelzpunkt sinkende Temperatur erreicht, oder wo zuerst eine Bewegung durch äußere mechanische Ursachen, die Einwirkungen des Lichtes oder die Anziehung eines in die Flüssigkeit getauchten trockenen Körpers die Aufhebung des Gleichgewichtes bewirkt. Jeder Krystall entsteht an einem solchen Punkte der beginnenden Entladung aus einem unsichtbaren Anfange durch Wachsen in der Flüssigkeit.

aa) Allgemeine Gesetze der Krystallisation.

§ 19.

In gewissen Punkten stimmen alle Krystalle unter sich überein. Es zeigt sich hierin das Walten allgemeiner Gesetze, welche wir zu erforschen haben, ehe wir auf die Ableitung der verschiedenen Krystallformen übergehen können.

[4]) Poggend. Annal. Bd. 111 S. 3.

1) Jeder Kryſtall iſt durch ſeine Form ein Individuum, d. h. eine Einheit, aus der kein Theil hinweggenommen werden kann, ohne das Ganze zu zerſtören. Alle Theile ſeiner Form ſtehen durch ihre gegenſeitige Lage unter ſich und zu einem gemeinſamen Mittelpunkte in einer beſtimmten Beziehung, welche erkennen läßt, daß die Kräfte, welche die verſchiedenen Theile ſeiner Form hervorbrachten, nicht unabhängig von einander wirkten, ſondern daß ſie in dem einen Theile nur deshalb in dieſer Weiſe und in dieſem beſtimmten Maße wirkten, weil ſie in den andern Theilen gleichfalls in der beſtimmten Weiſe und dem beſtimmten Maße wirkten. Es zeigt ſich hierin ein einheitliches Wirken aus einem innern Grunde, weshalb man in der Kryſtalliſation ſchon bisweilen eine Analogie des Lebens finden zu können glaubte. Scharff nennt dieſes einheitliche Wirken geradezu eine „Lebensthätigkeit“ und glaubte für ſie den eigenthümlichen Ausdruck „ἐργασία“ einführen zu ſollen[1]). Beſteht auch ein weſentlicher Unterſchied zwiſchen den Kryſtallformen und den organiſchen Formen, ſo ſtimmen doch beide inſofern überein, als ſich ihr Entſtehen nur aus einheitlichen Urſachen erklären läßt. Jeder Kryſtall wird dadurch zu einem Individuum, daß jede der 3 M, während ſie ſeine Form hervorbringen, für ſich eine Einheit bildet. Die ±M wirkt in allen Theilen als eine und dieſelbe, indem ſie die +M und −M in den verſchiedenen Richtungen verbindet. Die +M wirkt, obwohl nach verſchiedenen Richtungen getheilt, von einem Punkte aus, — in dieſem Punkte ungetheilt — und in gleicher Weiſe ihr entgegen die −M.

2) Die ±M muß zwar nach § 10 Z. 7 auch in der Kryſtalliſation beſtrebt ſeyn, alle Theile des Stoffes einander möglichſt zu nähern. Da aber hier die +M nur noch in beſtimmten Richtungen wirkt, kann ſie nicht mehr von der −M nach allen Richtungen gleich begrenzt werden, ſondern ihre Begrenzung muß jetzt von ihren Richtungen abhängen, und da dieſe nur als gerade gedacht werden können, müſſen auch ihre Grenzen gerade werden. Der Stoff muß alſo jetzt die Kugelform, welche er in flüſſigem Zuſtande anſtrebte, verlaſſen nnd von ebenen Flächen begrenzt werden,

[1]) „Der Kryſtall und die Pflanze“ 1862 S. 25 u. f.

welche sich in geradlinigen Kanten durchschneiden und an den Endpunkten der Kanten Ecke bilden.

3) Romé de l'Isle, von dem man sagen kann, daß mit ihm die wissenschaftliche Behandlung der Krystallkunde ihren Anfang nahm, bemerkte, daß die Flächen in den Krystallformen eines und des nemlichen Minerals vielfachen Aenderungen unterliegen, sich vergrößern und verkleinern und in ihren Figuren wechseln können, daß bisweilen einzelne Flächen gänzlich verschwinden und bisweilen zwischen ihnen neue hervortreten, daß jedoch bei allen diesen Aenderungen die bestimmten Flächen, wenn sie sich zeigen, immer die gleiche Lage haben und unter den gleichen Winkeln zu einander geneigt sind. Daraus erhellt, daß die Kräfte, welche durch ihr Zusammenwirken die Grenzflächen hervorbringen, nicht immer in gleicher Weise zur Wirksamkeit gelangen, daß jedoch die Richtungen, in welchen sie wirken, bei einem und demselben Stoffe immer die nemlichen bleiben. Nach § 8 unterscheiden sich die Stoffe zunächst durch das Verhältniß, in welchem die +M und —M in ihnen verbunden sind. In diesem Verhältnisse muß daher zunächst der Grund liegen, warum bei jedem Stoffe die Kräfte in bestimmten Richtungen wirken.

4) Jede Krystallisation entsteht nach § 15 durch ein Uebermächtigwerden der —M, welches dadurch herbeigeführt wird, daß die im Stoffe selbst mit der +M verbundene —M von einer äußerlich hinzukommenden —M eine Unterstützung erhält. Die ±M muß dann nicht bloß die +M, sondern auch die im Stoffe damit verbundene —M theilen, um sie in verschiedenen Richtungen mit einander verbinden zu können. Erst nach dieser Theilung gestattet sie der äußeren —M den Zutritt und eine Verdichtung des Stoffes, um die Herstellung des Gleichgewichtes zu vollenden. In der Theilung und weiteren Verbindung der +M und —M hat jedoch die ±M nicht vollkommen freie Hand, sondern sie ist an die im § 8 abgeleiteten Verhältnisse gebunden. Sie kann beide nur so nach bestimmten Richtungen vertheilen, daß in jeder Richtung ihre Quantitäten einem dieser Verhältnisse entsprechen, und die dynamischen Einheiten (§ 8) können von ihr nicht mehr weiter getheilt werden. Wäre sie diesen Schranken nicht unterworfen, so könnte sie die +M und —M immer gleich-

heitlich theilen und durch Vervielfältigung ihrer Bruchtheile eine polyedrische Form hervorbringen, welche sich stets mehr der Kugelform nähert. Die Vermehrung der Bruchtheile findet jedoch schon darin eine Grenze, daß es der ±M immer schwerer wird, das Uebergewicht der −M zu ertragen, je größer die Zahl der Richtungen ist, in welchen sie den Widerstand der +M gegen dieselbe aufrecht erhält. Gleiche Bruchtheile sind ferner nur insoweit möglich, als sich die +M und −M durch die Zahl der Richtungen ohne Rest theilen läßt. Nimmt endlich die Krystallisation ihren Anfang in einem kleinen Raume, welcher nur eine geringe Zahl untheilbarer Einheiten der +M und −M enthält, so kann auch aus diesem Grunde die Zahl der Bruchtheile nur eine geringe seyn und wird für die ±M nicht selten die Nothwendigkeit eintreten, die +M oder die −M oder beide M nach bestimmten Richtungen in ungleiche Theile zu brechen.

bb) Ableitung der verschiedenen Krystallformen.

αα) der Grundformen.

§ 20.

Nach der Erfahrung ist jeder Stoff beim Krystallisiren an eine bestimmte Grund- oder Kernform gebunden, welche sich in allen Formen, in denen er sonst noch vorkommt, durch die Spaltungsrichtungen erkennbar macht, und auf welche sich auch seine übrigen Formen krystallographisch zurückführen lassen. Die Grund- oder Kernform muß daher in seiner eigenthümlichen Beschaffenheit ihren nothwendigen Grund haben, während die übrigen Formen auf äußeren zufälligen Einflüssen beruhen.

Die Krystallographie hat unter den verschiedenen Grundformen eine gewisse Gleichartigkeit gefunden und dieselben hienach in Systeme getheilt, von welchen jedes als ein allgemeiner Begriff der Grundformen einer Art betrachtet werden kann [1]). Man unterscheidet gewöhnlich deren 6 je nach der Zahl, Größe und Neigung der Axen [2]):

---

[1]) Mohs Anfangsgründe S. 162.

[2]) Naumann: „Anfangsgründe der Krystallographie" 1854 S. 40 u. f.

1) das reguläre oder tesserale System mit 3 gleichen und rechtwinklig auf einander stehenden Axen,
2) das tetragonale mit 3 rechtwinklig auf einander stehenden Axen, von welchen 2 einander gleich sind, die 3. aber ungleich ist,
3) das hexagonale mit 3 gleichen Axen, welche in einer Ebene liegen und sich unter gleichen Winkeln schneiden, und auf welchen eine 4. ungleiche Axe senkrecht steht,
4) das rhombische mit 3 rechtwinklig auf einander stehenden Axen, welche sämmtlich ungleich sind,
5) das monoklinische mit 3 ungleichen Axen, von welchen 2 einen schiefen Winkel bilden und die 3. senkrecht auf diesen steht,
6) das triklinische, mit 3 ungleichen Axen, welche sämmtlich unter schiefen Winkeln zu einander geneigt sind.

Das 1. System heißt nicht deshalb regulär, weil es allein regelmäßige Formen enthält, sondern weil die Regelmäßigkeit seiner Formen eine vollkommene ist, während sich in den folgenden Systemen die Regelmäßigkeit immer mehr vermindert. Wir werden daher zur größeren Deutlichkeit das 1. System das vollkommen reguläre und die übrigen Systeme die minder regulären nennen.

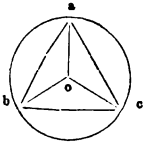
Alle Systeme müssen sich aus den § 19 entwickelten allgemeinen Gesetzen mit Nothwendigkeit ableiten lassen. In jedem Stoffe muß die $\pm$M zunächst eine vollkommen reguläre Grundform anstreben und auch wirklich hervorbringen, wo sie die Bedingungen hiezu findet, weil sie sich in dieser Form am meisten der Kugelform nähert [3]) und auf dem kürzesten Wege das Gleichgewicht erreicht. Zu einer tetragonalen oder hexagonalen Form muß sie erst dann übergehen, wenn sie die +M oder die mit dieser schon im Stoffe verbundene —M nicht ohne Rest zu theilen vermag, zu einer rhombischen erst dann, wenn sich beide nicht ohne Rest theilen lassen, und zu einer klinischen erst dann, wenn sie genöthiget ist, mit der +M auch noch eine äußere —M zu verbinden, welche nach den bereits bestimmten Richtungen nicht ohne Rest getheilt werden kann.

[3]) Bei jeder solchen Form liegen sämmtliche Ecke in der Oberfläche einer Kugel, welche um den Mittelpunkt des Krystalles beschrieben wird.

AAA. der vollkommen regulären.

§ 21.

Unter den vollkommen regulären Formen versteht man diejenigen, welche aus lauter gleichnamigen, um einen Punkt gleich gelagerten Flächen, Kanten und Ecken bestehen. Als Grundformen kommen von diesen in der Natur gewöhnlich nur die einfachsten vor, das Tetraeder mit 4 Flächen und 4 Ecken, das Hexaeder mit 6 Flächen und 8 Ecken, das Oktaeder mit 8 Flächen und 6 Ecken und das Dodekaeder mit 12 Flächen und 14 Ecken. Um die Entstehung dieser Formen begreiflich zu machen, wenden wir uns zuerst zu der des Tetraeders.



Denkt man sich die +M in einer Ebene von einem Punkte o aus gleichmäßig nach allen Richtungen wirkend und durch die —M gleichmäßig in allen Richtungen begrenzt, so entsteht durch diese Begrenzung die Figur eines Kreises. Soll nun die +M durch die —M in der Ebene auf bestimmte Richtungen beschränkt werden, so muß dieses, damit eine geschlossene Figur entstehe, in wenigstens 3 Richtungen geschehen, also nach 3 Punkten in der Peripherie abc. Da die +M jetzt ebenso gleichmäßig nach 3 Richtungen zu wirken hat, wie vorher nach allen Richtungen, müssen diese Punkte nothwendig gleich weit von einander entfernt seyn. Die +M hat jetzt die Entfernung dieser Punkte von dem Mittelpunkte o aufrecht zu erhalten. Verbinden wir die 3 Punkte durch gerade Linien ab, bc, ca, so muß die +M innerhalb diesen Linien nicht bloß von o, sondern auch von jedem andern Punkte aus ihre Wirkung nach a, b und c richten und ihre Ausdehnung im Raume behaupten. Außerhalb den Linien ab, bc und ca, also zwischen diesen und der Peripherie des Kreises dagegen muß sie, weil sie hier die Zielpunkte ihres Wirkens hinter sich hat, zurückweichen und den Raum der —M überlassen. Die +M wird also jetzt von der —M in der Form eines gleichseitigen Dreiecks abc begrenzt.

Betrachten wir nun das Zusammenwirken der 3 M in der krystallisirenden Flüssigkeit nach allen Abmessungen des

Raumes, so haben wir uns auch hier in jenem Theile der Flüssigkeit, welcher von der beginnenden Krystallisation ergriffen wird, die +M gleichmäßig von einem Mittelpunkte aus wirkend und von der —M begrenzt zu denken. Die Figur, welche durch diese Begrenzung entsteht, ist nicht mehr ein Kreis, sondern eine Kugel. Soll darin die +M durch die ±M wieder auf bestimmte Richtungen beschränkt werden, so muß dieses, damit die geschlossene Figur eines Körpers entstehe, in wenigstens 4 Richtungen geschehen, also nach 4 Punkten der Kugeloberfläche, welche wieder gleich weit von einander entfernt seyn müssen, und die +M hat jetzt die Entfernung dieser 4 Punkte vom Mittelpunkte aufrecht zu erhalten. Verbindet man die 4 Punkte durch gerade Linien, so bilden diese Linien die Durchschnitte von 4 Ebenen, von welchen jede durch 3 Punkte gelegt ist und in welchen nun die +M von der —M begrenzt wird. Es entsteht ein von 4 gleichseitigen Dreiecken begrenzter Körper, ein Tetraeder.

Das Tetraeder setzt voraus, daß die +M und die —M im krystallisirenden Theile des Stoffes sich durch die Zahl 4 ohne Rest theilen lassen. Sind beide durch 8 ohne Rest theilbar, so findet die ±M die Bedingungen nicht bloß zu einem Tetraeder, sondern auch zu einem Hexaeder gegeben. Sie muß dann die letztere Form vorziehen, weil sie der Kugelform näher liegt (§ 19 Z. 2). Das Hexaeder ist darum auch eine öfter vorkommende Grundform als das Tetraeder. Obgleich das Tetraeder die einfachste Form im vollkommen regulären Systeme bildet, so weicht es doch unter allen Formen dieses Systems am meisten von der Kugelform ab. Die Natur vermeidet daher diese Form, solange sie im Stande ist, durch Anwendung einer größeren Theilungszahl eine andere vollkommen reguläre Form zu Stande zu bringen. Nur dann, wenn die ±M die hiezu erforderliche Anzahl untheilbarer Einheiten nicht in dem krystallisirenden Theile des Stoffes zu vereinigen vermag, muß sie sich mit einem Tetraeder begnügen, wenn die Bedingungen hiezu gegeben sind.

Ist die Theilungszahl 6, so entsteht ein Oktaeder, und ist sie 14, so entsteht ein Dodekaeder. Sind die Quantitäten der +M und —M so beschaffen, daß sie sich nur durch Zwischenzahlen 5, 7, 9, u. s. w. ohne Rest theilen lassen, so ist keine vollkommen

reguläre Form möglich. Die Kryſtalliſation muß in eines der nachfolgenden Syſteme übergehen. Polyedriſche Formen mit einer größeren Theilungszahl, wie ſie in der Natur nur mehr als abgeleitete Formen vorkommen, ſcheinen als Grundformen deshalb nicht mehr entſtehen zu können, weil es der ±M nicht mehr gelingt, die hiezu erforderliche große Zahl untheilbarer Einheiten in dem kryſtalliſirenden Theile des Stoffes zu vereinigen.

BBB. der minder regulären.

§ 22.

Kann die Theilung der +M *oder* der —M nicht ohne Reſt geſchehen, ſo wird zwar die ±M beide, ſoweit es möglich iſt, gleichheitlich vertheilen. Die übrig bleibende +M oder —M kann aber nur noch einzelnen Theilen beigefügt werden. Es muß daher entweder ein Theil um dieſen Reſt zuviel erhalten, oder wenn ſich der Reſt noch weiter theilen läßt, muß wenigſtens ein Theil im Verhältniſſe zu den andern verkürzt werden. Die Folgen hievon müſſen natürlich entgegengeſetzt ſeyn, je nachdem der Reſt in +M oder —M beſteht. Für uns genügt es, bloß den Fall in's Auge zu faſſen, wenn der Reſt in +M beſteht. Die Folgen, wenn der Reſt in —M beſteht, ergeben ſich hieraus von ſelbſt.

Wird nach der Theilung der +M ein Theil derſelben durch einen *untheilbaren* Reſt vermehrt, ſo erhält ſie in *einer* Richtung ein Uebergewicht gegen die —M, welches ihr in den andern Richtungen nicht zukommt. Sie muß ſich alſo in dieſer Richtung zuerſt entladen. Iſt aber der Reſt *theilbar* und vermehrt er alle Theile mit Ausnahme eines einzigen, ſo erhält die —M in *einer* Richtung ein Uebergewicht gegen die +M, welches ihr in den andern Richtungen nicht zukommt. In dieſer Richtung muß ſich alſo die —M zuerſt entladen. In *beiden* Fällen iſt es alſo eine *einzige* Richtung, in welcher die Verbindung der +M und —M *zuerſt* zu Stande kommt. In dieſer Richtung iſt dann die Wirkſamkeit der +M eine *ausſchließliche*, die ſich nicht mehr bloß nach einer Seite vom Mittelpunkte aus erſtrecken kann, ſondern nothwendig den *ganzen* Wirkungskreis der +M in Form einer geraden Linie durchdringen muß. Dieſe Richtung wird daher zur *Hauptaxe* des Kryſtalles und der

Unterschied beider Fälle besteht nur darin, daß die Hauptaxe im ersten Falle *länger* und im zweiten Falle *kürzer* wird, als die Nebenaxen.

Vortrefflich hat G. S. *Weiß* die Bedeutung der Axen für die Krystallbildung erkannt, wenn er sagt[1]): Axis linea est omnis figurae dominatrix, circa quam omnia aequabiliter sunt disposita. Eam omnia spectant, eaque quasi communi vinculo et communi inter se contactu tenentur. *Jede* Axe, auch eine bloße Nebenaxe zeigt im Krystalle eine Richtung der +M an, welche die Krystallform insoweit beherrscht, als die Lage der symmetrisch um sie vertheilten Flächen und Kanten von dem Maße abhängt, in welchem die +M in ihr zur Wirksamkeit gelangt. Die *Hauptaxe* unterscheidet sich aber von den übrigen Axen dadurch, daß sie auf diese Weise die *ganze* Krystallform vorherrschend bestimmt und der Einfluß der übrigen Axen ihr gegenüber nur als ein untergeordneter erscheint. Sie muß also auch jene Richtung enthalten, in welcher die Krystallform *zuerst entsteht*. Erst nach ihr können die von ihr abhängigen Theile der Krystallform zur Ausbildung gelangen. In den vollkommen regulären Formen tritt dieses Verhältniß nicht hervor, weil hier alle Axen unter sich den gleichen Rang genießen. Das Tetraeder hat eigentlich gar keine Axe, weil hier jeder Richtung der +M vom Mittelpunkte aus nach der einen Seite nur die resultirende Wirkung der 3 übrigen Richtungen nach der entgegengesetzten Seite entspricht. Bei den minder regulären Formen dagegen bilden die Axen das vorzüglichste Mittel zum Studium der Krystalle.

Ist die +M nach ihrer Entladung in der Hauptaxe noch in den Richtungen 2 anderer Axen gleichmäßig gespannt, so entsteht durch die nachfolgende Entladung in diesen Richtungen die *tetragonale* Grundform, eine 4seitige, spitze oder stumpfe Doppelpyramide. Ist sie noch in den Richtungen 3 anderer Axen gleichmäßig gespannt, so entsteht durch die Entladung in diesen Richtungen die *hexagonale* Grundform, eine 6seitige, spitze oder stumpfe Doppelpyramide.

---

[1]) In seiner berühmten Abhandlung: De indagando formarum crystallinarum charactero geometrico principali. 1809.

Die rhombischen Formen entstehen, wenn weder die +M noch die —M ohne Rest theilbar ist und dadurch das Verhältniß beider in allen 3 diesem Systeme zu Grunde liegenden Axen zu einem ungleichen wird. In diesem Falle kann sich die größte Quantität +M nur gegen die kleinste Quantität —M und die größte Quantität —M nur gegen die kleinste Quantität +M entladen. Die Entladung muß in jenen Axen, wo der Unterschied zwischen der +M und —M am größten ist, zuerst, in jenen, wo der Unterschied zwischen beiden am kleinsten ist oder beide selbst einander gleich sind, zuletzt, und in jenen, wo der Unterschied zwischen beiden gleich ist, gleichzeitig erfolgen. — Nehmen wir z. B. an, in dem krystallisirenden Theile des Stoffes seyen untheilbare Einheiten von +M mit untheilbaren Einheiten von —M verbunden, und zwar

1) 13 +M mit 13 —M, so müssen sich diese nach dem Bisherigen auf die 3 Axen in der Art vertheilen, daß

auf die I. Axe 5 +M und 4 —M,
auf die II. Axe 4 +M und 4 —M,
auf die III. Axe 4 +M und 5 —M treffen,

2) 11 +M mit 11 —M, so müssen sich diese in der Art vertheilen, daß

auf die I. Axe 4 +M und 3 —M,
auf die II. Axe 4 +M und 4 —M,
auf die III. Axe 3 +M und 4 —M treffen,

3) 13 +M mit 10 —M, so müssen sich diese in der Art vertheilen, daß

auf die I. Axe 5 +M und 3 —M,
auf die II. Axe 4 +M und 3 —M,
auf die III. Axe 4 +M und 4 —M treffen.

In jedem dieser 3 Fälle werden alle 3 Axen ungleich. Im dritten Beispiele muß sich die I. Axe zuerst, die III. Axe zuletzt entladen. Im ersten und zweiten Beispiele müssen sich die I. und III. Axe gleichzeitig entladen.

Jede Entladung in einer Axe gestattet der äußeren —M in den von der ±M aufgegebenen Richtungen, also zwischen den Axen, in den Raum, welchen bisher die Flüssigkeit erfüllte, einzudringen und eine Verdichtung des Stoffes zu bewirken. Auch

Unterschied beider Fälle besteht nur darin, daß die Hauptaxe i
ersten Falle länger und im zweiten Falle kürzer wird, als
Nebenaxen.

Vortrefflich hat G. S. Weiß die Bedeutung der Axen f
die Krystallbildung erkannt, wenn er sagt[1]): Axis linea
omnis figurae dominatrix, circa quam omnia aequabiliter s
disposita. Eam omnia spectant, eaque quasi communi vinc
et communi inter se contactu tenentur. Jede Axe, auch e
bloße Nebenaxe zeigt im Krystalle eine Richtung der +M
welche die Krystallform insoweit beherrscht, als die Lage
symmetrisch um sie vertheilten Flächen und Kanten von dem Ma
abhängt, in welchem die +M in ihr zur Wirksamkeit gela
Die Hauptaxe unterscheidet sich aber von den übrigen A
dadurch, daß sie auf diese Weise die ganze Krystallform v
herrschend bestimmt und der Einfluß der übrigen Axen ihr geg
über nur als ein untergeordneter erscheint. Sie muß also a
jene Richtung enthalten, in welcher die Krystallform zuerst er
steht. Erst nach ihr können die von ihr abhängigen Theile
Krystallform zur Ausbildung gelangen. In den vollkommen
gulären Formen tritt dieses Verhältniß nicht hervor, weil
alle Axen unter sich den gleichen Rang genießen. Das Tetrae
hat eigentlich gar keine Axe, weil hier jeder Richtung der +
vom Mittelpunkte aus nach der einen Seite nur die resultire
Wirkung der 3 übrigen Richtungen nach der entgegengesetz
Seite entspricht. Bei den minder regulären Formen dagegen bil
die Axen das vorzüglichste Mittel zum Studium der Krystalle.

Ist die +M nach ihrer Entladung in der Hauptaxe noch
den Richtungen 2 anderer Axen gleichmäßig gespannt, so entst
durch die nachfolgende Entladung in diesen Richtungen die tetr
gonale Grundform, eine 4seitige, spitze oder stumpfe Dopp
pyramide. Ist sie noch in den Richtungen 3 anderer Axen gle
mäßig gespannt, so entsteht durch die Entladung in die
Richtungen die hexagonale Grundform, eine 6seitige, sp
oder stumpfe Doppelpyramide.

---

[1]) In seiner berühmten Abhandlung: De
narum charactere geometrico principali. 18

diese —M muß, wenn die Krystallform keine Störung erleiden soll, gleichheitlich zwischen den Axen vertheilt werden. Ist eine solche Vertheilung nicht möglich, weil sich die —M der ±M in einer Quantität aufdrängt, welche einen untheilbaren oder doch nicht mehr gleichheitlich zu vertheilenden Rest übrig läßt, so muß die Aufnahme der —M in den Stoff nothwendig eine Unregelmäßigkeit der Krystallform verursachen. Ein untheilbarer Ueberschuß kann nur in einer Richtung Aufnahme finden, und zwar immer nur einseitig von der entladenen Axe abwärts gegen diejenige Axe zu, welche unmittelbar nach ihr der Entladung entgegen geht, weil sich hier die nächste Gelegenheit zur Herstellung des Gleichgewichtes bietet. Folge hievon ist, daß sich hier der Winkel beider Axen vergrößert, sohin bei einem Systeme dreier Axen, welche außerdem rechtwinklig auf einander ständen, zwei davon gegen einander in eine schiefe Stellung gerathen. Die Form wird eine monokliniſche. Ist die ±M auf gleiche Weise genöthiget, auch noch eine 2. untheilbare —M in den Stoff aufzunehmen, so kann dieses nur in einer andern Richtung geschehen, wodurch sich der Winkel zwischen der 1. und 3. Axe einseitig vergrößert. Die Form wird eine dikliniſche. Die Erfahrung lehrt, daß bei gleichen Axen niemals kliniſche Formen entstehen. Hieraus erhellt, daß bei gleichzeitiger Entladung ein nicht gleichheitlich vertheilbarer Rest äußerer —M in den krystalliſirenden Stoff keinen Zugang findet. Die ±M vermag sich eines solchen Restes nur dann nicht zu erwehren, wenn sich eine Axe nach der andern entladet. In diesem Falle kann die ±M auch nach Entladung der 2. Axe durch neuen Zufluß äußerer —M noch in die Lage kommen, einem untheilbaren Ueberschusse derselben Aufnahme gestatten zu müssen, wodurch sich dann bei Entladung der 3. Axe der Winkel zwischen dieser und der 2. Axe gleichfalls einseitig vergrößert. Es erhalten dann alle 3 Axen zu einander eine schiefe Stellung. Die Form wird eine triklinische. Die dikliniſche Form kommt selten in der Natur vor, weshalb sie von den Krystallographen gewöhnlich übergangen wird.[2]) Monokliniſche

[2]) Naumann a. a. O. S. 261.

und trikliniſche Kryſtalle ſind dagegen eine ziemlich häufige Erſcheinung.

ββ) der ausgebildeten Kryſtalle.

§ 23.

Jeder Kryſtall vergrößert ſich durch Wachſen, ſolange er von gleichartiger kryſtalliſirender Flüſſigkeit umgeben iſt, indem ſich aus dieſer der feſtwerdende Stoff ſchichtenweiſe an ſeiner Oberfläche ablagert. Beſtreut man einen Kryſtall während des Wachſens mit farbigem Staube, ſo zeigt ſich letzterer unter der ſpäter aufgelagerten Schicht [1]). Die Anlegung des feſtwerdenden Stoffes iſt aber keine zufällige wie bei einer Flußinſel, welche ſich durch angeſchemmten Sand vergrößert, ſondern ſie geſchieht mit derſelben Regelmäßigkeit, wie die urſprüngliche Entſtehung des Kryſtalles, und in einer Weiſe, welche erkennen läßt, daß die nemlichen Kräfte, welche den Kryſtall anfänglich hervorbrachten, während ſeines Wachſens nur ihr urſprüngliches Wirken fortſetzen. Zufällige Einflüſſe können zwar während des Wachſens die Form der Kryſtalle ändern. So beobachtete z. B. Ehrenberg bei dem Kryſtalliſiren von Kochſalz zuerſt 6ſeitige Tafeln, welche ſich ſpäter in Würfel verwandelten [2]). In der Regel zeigen ſich jedoch an ihnen ſchon gleich Anfangs, wenn ſie dem bewaffneten Ange ſichtbar werden, die nemlichen Flächen, Kanten und Ecken, welche ſie im ausgebildeten Zuſtande an ſich tragen [3]). Die Form des ausgebildeten Kryſtalles iſt jedoch nicht immer die Grundform, ſondern ſehr oft eine andere, daraus abgeleitete. Wir haben daher nicht bloß das Wachsthum der Kryſtalle, ſondern auch die Möglichkeit ihres Ueberganges in abgeleitete Formen zu erklären. Auch hier werden wir uns indeſſen auf das Allgemeinſte beſchränken nnd das Weitere der beſonderen Wiſſenſchaft überlaſſen müſſen.

---

[1]) Scharff a. a. O. S. 41.

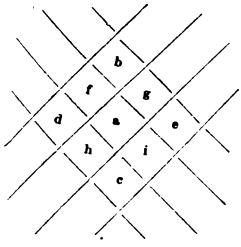
[2]) in Poggend. Annal. Bd. 36 J. 1835 S. 240. — Vgl. hiemit die genaueren Beobachtungen von Frankenheim ebend. Bd. 37 S. 638.

[3]) Gehlers phyſ. Wörterb. Bd. V S. 1345. — Poggend. Annal. Bd. 111 J. 1862 S. 57.

Ist einmal ein Krystall entstanden, so wird das Fortschreiten der Krystallisation dadurch bewirkt, daß das Uebergewicht der —M sich auf die nächsten Theile der ihn umgebenden Flüssigkeit verbreitet oder, wenn es in ihnen schon vorhanden ist, die Entladung erfolgt. Befinden sich diese Theile bereits in der Spannung, welche nach § 18 der Krystallisation vorausgehen muß, so wird deren Entladung durch die vorausgegangene Krystallbildung von selbst herbeigeführt, weil durch das Zurückweichen des Stoffes aus der Kugelform, welche er in der Flüssigkeit einnahm, in die ebenen Grenzflächen des Krystalles leere Zwischenräume entstehen, welche der +M in den umgebenden Stofftheilen eine Ausweichung gestatten, während durch die Ausdehnung des Krystalles in seinen Axenrichtungen der Raum gegen die umgebenden Stofftheile hin erfüllt und die —M in der Begrenzung derselben unterstützt wird. Die fortschreitende Krystallisation kann in jedem Theile nur wieder die nemliche Grundform hervorbringen, weil sie überall in gleicher Weise die Bedingungen hiezu vorfindet. Diese Grundformen müssen ferner alle eine parallele Stellung zu einander annehmen, weil die ±M, um die Befestigung des Stoffes zu erreichen, genöthiget ist, die bestimmten Richtungen, in welchen sie die +M und —M bei dem Beginne der Krystallisation verbunden hat, im ganzen Verlaufe derselben beizubehalten. Endlich sind auch sämmtliche Grundformen so beschaffen, daß Körper derselben Grundform und von gleicher Größe, parallel zusammengesetzt, sich in einander fügen, und daß dann ihre Grenzflächen in gemeinschaftliche Ebenen fallen, welche den Krystall durchschneiden.

Denkt man sich auf solche Weise die Ausbildung der Krystalle als ein fortgesetztes Hervorbringen und paralleles Anreihen von Körpern derselben Grundform, so wird die Form der ausgebildeten Krystalle nicht bloß von der Grundform, sondern auch von der Ordnung abhängen, in welcher das Entstehen und Anreihen der neuen Körper stattfindet. Diese Ordnung muß aber verschieden seyn, jenachdem sie durch die +M oder die —M bestimmt wird.

Um den Unterschied leichter zu verstehen, wollen wir zuerst das Fortschreiten der Krystallisation in einer Ebene betrachten.



Stellen wir uns vor, in einer Flüssigkeit habe der mittlere Theil a dadurch die Form eines Quadrates angenommen, daß die +M in ihm ausschließend nach den Ecken wirkte, und zwischen diesen Richtungen von der —M in geraden Linien begrenzt wurde. Sind in den umliegenden Theilen die +M und —M schon gegen einander gespannt, so wird in ihnen die +M schon begonnen haben, eine den 2 Diagonalen des Quadrates a parallele Richtung anzunehmen. Erst wenn die +M in einem dieser Theile sich vollständig für diese Richtungen entschieden hat, erfolgt die Entladung und wird dann auch hier die Flüssigkeit von der —M zu einem Quadrate begrenzt. Dieses kann jedoch nicht in allen umliegenden Theilen gleichzeitig geschehen, sondern die Entladung kann sich von a aus zunächst nur entweder in den Richtungen nach den Ecken oder nach den Seitenflächen fortpflanzen. Im 1. Falle ist es die Ausbreitung der von der +M eingeschlagenen Richtungen, welche das Fortschreiten der Krystallisation bestimmt, und dieser Fall setzt voraus, daß die ±M im Stande ist, die Spannung solange auszuhalten, bis sie die Richtungen der +M in jenen Stofftheilen, welche ihr bei dem Fortschreiten in den bisherigen Richtungen zunächst liegen, bestimmt hat. Im 2. Falle entscheidet das stärkere Uebergewicht der —M, welches sich hauptsächlich gegen die Seitenflächen richtet und die ±M zwingt, vorerst hier die angrenzenden Theile zu befestigen, ehe sie die Richtungen der ±M in den bereits befestigten Theilen auf andere Theile übertragen kann.

Im 1. Falle entstehen also um a zuerst die Quadrate bcde und dann erst die Quadrate fghi. Ist auf diese Weise ein größeres Quadrat entstanden, dann setzen sich an den Ecken desselben bei bcde wieder neue kleine Quadrate an, zwischen welchen sich der Raum an den 4 Seiten gleichfalls erst später von den Ecken gegen die Mitte zu mit neuen kleinen Quadraten ausfüllt. Im 2. Falle dagegen bilden sich um a zuerst die Quadrate fghi und die Quadrate bcde entstehen erst dann, wenn sich an die äußersten

Seitenlinien der Quadrate fghi wieder neue kleine Quadrate angesetzt haben. Denkt man sich die einzelnen Quadrate so klein, daß die einspringenden Winkel für die Sinne verschwinden, so entsteht durch die fortgesetzte Krystallisation im 2. Falle wie im 1. ein großes Quadrat; aber die Lage desselben ist in beiden Fällen verschieden. Die Seiten liegen im 2. Falle da, wo im 1. die Ecke liegen und umgekehrt liegen die Ecke im 2. Falle da, wo im 1. die Seiten liegen.

Uebertragen wir nun diese Gesetze auf das Zusammenwirken der 3 M in allen Dimensionen des Raumes, und denken wir uns an die Stelle des Quadrats den Würfel, so ergibt sich, daß auch hier die Krystallisation in zweifacher Weise fortschreiten kann, entweder in der Art, daß die $\pm$M zuerst die Richtungen der +M in dem schon gebildeten Krystalle in den umgebenden Stofftheilen fortsetzt, also in der Richtung der durch die Ecke gezogenen Axenlinien neue Würfel an die alten ansetzt und dann von diesen aus die Zwischenräume durch Befestigung des Stoffes gegen die Mitte der Kanten und Flächen zu ausfüllt, oder in der Art, daß sie zuerst der —M an den Seitenflächen begegnet, in deren Mitte zuerst neue Würfel sich ansetzen und erst nach dem Fortschreiten der Krystallisation in diesen Richtungen die Räume zwischen den Vorsprüngen sich ausfüllen. Im 1. Falle entsteht durch die fortschreitende Krystallisation aus dem kleinen Würfel ein großer. Im 2. Falle dagegen treten, wenn man sich die einzelnen Würfel so klein denkt, daß die Furchen an der Oberfläche des ausgebildeten Krystalles verschwinden, an die Stelle der 8 Ecke des Würfels ebenso viele Flächen und an die Stelle der 6 Flächen des Würfels ebenso viele Ecke. Es entsteht daher ein Oktaeder[4]).

Ob ein Stoff, der den Würfel zur Grundform hat, in dieser oder in der davon abgeleiteten Form des Oktaeders krystallisirt, hängt demnach davon ab, welches Uebergewicht der —M die $\pm$M im Zustande der Spannung bei der Krystallisation zu ertragen hat, und das Maß dieses Uebergewichtes kann in verschiedener Weise durch äußere Umstände bestimmt werden. Schwankt es

---

[4]) Auf ähnliche Weise suchte Hauy diese Erscheinung durch einen atomistischen Vorgang zu erklären, welchen er décroissement sur les angles nannte.

in der Art, daß es nur theilweise von der ±M ertragen werden kann, dann muß dieses Schwanken auch an dem ausgebildeten Krystalle hervortreten, und zwar in einer Gestalt, welche aus beiden Formen zusammengesetzt ist. Je spitzer die Winkel sind, in welchen die +M in einem Ecke einen Vorsprung zu gewinnen sucht, desto größeren Widerstand setzt ihr die —M entgegen. Die Würfelform kann sich daher nur mehr unter dem Schutze stumpfer Winkel fortbilden, d. h. sie erhält Abstumpfungen an den Ecken, wo dann die Flächen des Oktaeders zum Vorschein kommen. Die Abstumpfung durch diese Flächen wird umso größer, je mehr das Uebergewicht der —M zunimmt, bis zuletzt der ganze Würfel sich in ein Oktaeder verwandelt.

Mit der bisherigen Konstruktion stehen auch die Ergebnisse der Erfahrung vollkommen im Einklange.

Ehrenberg[5]) beobachtete die Krystallbildung bei 300 bis 800 maliger Vergrößerung. Er sah plötzlich in der Flüssigkeit einen festen Punkt entstehen, welcher sich mit erstaunenswerther Geschwindigkeit vergrößerte. Obwohl er nach der atomistischen Theorie geneigt war, zu glauben, daß der in der Flüssigkeit aufgelöste Stoff sich bis zum Rande des Krystalles hin verdichte und am Krystalle selbst plötzlich gebunden werde, so widersprach doch dieser Annahme, daß in der Flüssigkeit nicht die geringste Strömung zu bemerken war. „Die Ränder des rasch wachsenden Krystalles", sagt er, „sind immer durchaus scharf zu erkennen, und um den Krystall ist Ruhe und Klarheit". — Sind für eine Flüssigkeit die Bedingungen zum Krystallisiren gegeben und kommt sie dann in Berührung mit einem Krystalle gleichen Stoffes, so beginnt in der Umgebung desselben die Krystallisation augenblicklich und schon bei dem geringsten Grade der Spannung, während die Berührung anderer fester Körper die Krystallisation erst dann befördert, wenn die Spannung schon einen höheren Grad erreicht hat[6]). Selbst Krystalle aus sogen. isomorphen Stoffen haben nicht die gleiche Wirkung wie Krystalle gleichen Stoffes[7]). Denn

[5]) in Poggend. Annal. Bd. 35 S. 238.
[6]) Frankenheim Lehre von der Cohäsion S. 359.
[7]) Poggend. Annal. Bd. 111 S. 29.

die +M kann das im Krystalle begonnene Werk in der Flüssigkeit nur dann ununterbrochen fortsetzen, wenn sie in dieser die gleichen Bedingungen hiezu findet. Enthält die Flüssigkeit außer dem gleichen Stoffe noch andere Stoffe aufgelöst, so sucht die +M ihr Werk in dem gleichen fortzusetzen und bewirkt dadurch bisweilen eine Trennung der Stoffe. Salpeter und Glaubersalz, in einer Flüssigkeit gemeinschaftlich durch Wärme aufgelöst, krystallisiren zusammen. Legt man aber in die Lösung während des Erkaltens einen Salpeterkrystall, so schießt bloß Salpeter an, und legt man einen Glaubersalzkrystall hinein, so schießt bloß Glaubersalz an. Die Krystallisation der Flüssigkeit bei der Berührung mit dem gleichartigen Krystalle hat zunächst die Folge, daß sich dieser selbst vergrößert. Le Blank bewirkte das Wachsen von Salzkrystallen zu einer beliebigen Größe dadurch, daß er dieselben in „krystallrechte“ Lauge legte, die Lauge fortgesetzt krystallrecht erhielt und die Krystalle darin täglich auf eine andere Seite umwendete. Umgibt man einen Krystall mit einem ununterbrochenen Ueberzuge von Firniß, so wächst er auch in einer Flüssigkeit gleichen Stoffes, weil seine Berührung mit ihr aufgehoben ist, gar nicht mehr [8]).

Soviel aus bisherigen Beobachtungen zu entnehmen ist, geschieht das Anwachsen der Krystalle von der Mitte aus zuerst in den Richtungen der Axen durch Befestigung der Ecke und Kanten, von welchen aus dann erst durch Ausfüllung der Zwischenräume die Flächen sich bilden. An unausgebildeten Krystallen sieht man mitunter das Fachwerk der Axen und die Ansätze der Kanten wie ein Gerippe mit hohlen Räumen an der Stelle der Flächen, worin die unteren Schichten coulissenförmig hinter den oberen hervortreten [9]). Frankenheim fand auch an scheinbar ausgebildeten Krystallen einzelne Flächen treppenartig gebildet mit regelmäßigen Furchen, welche in manchen Fällen schon mit bloßem Auge, in manchen aber kaum mehr mit dem Mikroskope zu erkennen waren. Er nannte diese Flächen „Scheinflächen der Kry-

---

[8]) Ebend. S. 1.

[9]) Scharff a. a. O. S. 54 u. f. u. in Poggend. Ann. Bd. 109 J. 1860 S. 529.

stalle" und erklärte sie aus einer Abnahme des zur Krystallisation erforderlichen Stoffes [10]). Eine eigenthümliche Erscheinung bietet sich nach den Versuchen von Pasteur, wenn man das Wachsen eines zerbrochenen Krystalles in gleichartiger Flüssigkeit beobachtet. Hier geht nemlich die Krystallisation an den verstümmelten Theilen schneller vor sich, als an den übrigen, so daß sich die Krystallform wie durch eine organische Reproduktionskraft wieder ergänzt. Frankenheim erklärt diese Erscheinung aus der Unebenheit der Bruchfläche mit vielen einspringenden Winkeln, welche bewirke, daß hier der sich ablagernde Stoff stärker angezogen werde. Allein auch mit Zuhülfenahme dieser stärkeren Anziehung erklärt die Rauheit der Bruchfläche nur, daß die Krystallisation hier überhaupt schneller, nicht aber, daß sie gerade in dem Maße schneller voranschreitet, wie es die Wiederherstellung der vollkommenen Krystallform erfordert. Daß hiebei auch die krystallinische Beschaffenheit des zerbrochenen Körpers einen wesentlichen Einfluß hat, zeigt sich ganz deutlich an den nicht selten vorkommenden Krystallen mit Furchen, welche in Folge sogenannter Zwillingsbildung zur Krystallform gehören. Diese Furchen werden in gleichartiger Flüssigkeit keineswegs durch stärker angezogenen Stoff ausgefüllt, sondern wachsen mit den angrenzenden Flächen gleichmäßig fort.

Ein vorzügliches Mittel, um den Bau der Krystalle kennen zu lernen, sind die Spaltungsrichtungen. In ihnen zeigt sich immer die Grundform, während der ausgebildete Krystall sehr verschiedene Formen annehmen kann, so daß sich die Mineralien nach diesen Formen oft gar nicht unterscheiden lassen. Häufig findet sich z. B. der Flußspath, welcher das Oktaeder zur Grundform hat, in Würfelform, der Bleiglanz dagegen, welcher den Würfel zur Grundform hat, in Oktaederform. Nach den Spaltungsrichtungen lassen sich am Flußspathe die Ecke des Würfels, und am Bleiglanze die Ecke des Oktaeders leicht absprengen, und setzt man das Absprengen von Schichte zu Schichte fort, so kommt aus jenem das Oktaeder, aus diesem der Würfel zum Vorschein. Daß

[10]) in Poggend. Ann. Bd. 111 S. 12, — in d. Lehre von der Cohäsion S. 347.

die Abweichung der Krystalle von der Grundform ihre Ursache nicht in der eigenthümlichen (chemischen) Beschaffenheit des Stoffes, sondern nur in äußeren, zufälligen Umständen haben kann, ist klar. Denn die Erfahrung lehrt, daß Stoffe von ganz gleicher chemischer Zusammensetzung ebensowohl ihre Grundformen beibehalten als verschiedene, davon abgeleitete Formen annehmen können. Die Mittelformen, durch welche z. B. die Krystalle des Bleiglanzes allmählig mit immer größer werdenden Abstumpfungen vom Würfel zum Oktaeder übergehen, beweisen auch, daß die Ausbildung der einen oder andern Form Schwankungen unterliegen kann, welche auf den Einfluß entgegengesetzter Ursachen hindeuten. Welches diese Ursachen sind, darüber vermag die Erfahrungswissenschaft noch keinen bestimmten Aufschluß zu geben. Nach Le Blank's und Beudant's Beobachtungen glaubte man hauptsächlich die Dichtigkeit oder das Verhältniß der Menge, in welcher der krystallisirende Stoff in einer Flüssigkeit aufgelöst ist, und die Temperatur als solche Ursachen anführen zu sollen. Frankenheim verwirft beide und will nur die Beschaffenheit der festen Körper, an welche sich der krystallisirende Stoff legt, z. B. im Boden der Gefäße, welche die krystallisirenden Flüssigkeiten enthalten, allein als entscheidend gelten lassen [11]). Bedenkt man, daß die durch Verdampfung bewirkte Krystallisation immer bei einem bestimmten Grade der Verdichtung und die durch Erkaltung bewirkte immer bei einem bestimmten Kältegrade eintritt, so könnte man meinen, die Natur habe hier einen Unterschied in beiden Beziehungen überhaupt nicht zugelassen. Dabei würde man aber nicht in Anschlag bringen, daß die Krystallisation im 1. Falle durch Anwendung größerer Hitze und im 2. Falle durch Anwendung größerer Kälte beschleunigt wird. Daß auf solche Weise der Temperaturunterschied im Allgemeinen einen bestimmenden Einfluß auf die Krystallform haben kann, ja bisweilen sogar die Grundform verändert, ergibt sich unbezweifelbar aus den Beobachtungen Mitscherlichs über die Krystallisation der sog. dimorphen Stoffe. Wie wir uns diesen Einfluß zu denken haben, wird uns indessen erst bei der Wärmelehre klar werden.

---

[11]) in Poggend. Ann. a. a. O. S. 56, — in d. Lehre v. d. Cohäsion S. 357.

2. Kraft.

A. Im Allgemeinen.

§ 24.

Kraft nennt man die Ursache einer Veränderung des Stoffes. Als bloße Ursache fällt die Kraft nicht in das Bereich unserer sinnlichen Wahrnehmung. Sie zeigt sich uns immer erst in ihrer Wirkung, wenn sie eine Veränderung am Stoffe hervorbringt. Der Grund ihres Erkennens liegt in der Untrennbarkeit beider Begriffe, welche es uns nicht freistellt, ob wir eine Kraft als die Ursache der Veränderung annehmen wollen. Wir müssen immer beide Begriffe mit einander verbinden, und können uns eine Veränderung am Stoffe ohne eine Kraft, welche sie hervorbringt, sowenig denken, als wir uns überhaupt eine Wirkung ohne Ursache zu denken vermögen.

Unter den Naturforschern herrscht die Ansicht, daß der Begriff der Kraft der dunkelste in der ganzen Naturwissenschaft sey. Viele möchten das Wort „Kraft" ganz verbannen und immer nur von den Stoffen als dem ihnen Bekannteren hören. Indessen hat sich noch keiner von ihnen den Gebrauch dieses Wortes abgewöhnt. Man kann es eben nicht entbehren, wenn man nicht auf alles Erklären in der Natur verzichten will. — Uebrigens möchten wir fragen, warum man denn meint, in den Stoffen etwas Bekannteres zu finden, als in der Kraft. Etwa, weil man den Stoff sieht, während man genöthigt ist, die Kraft zu denken? Ist vielleicht ein Ding schon bekannt, wenn man es nur sieht, ohne davon einen Begriff zu haben? Oder hat man einen Begriff von dem, was man sieht oder mit den Fingern betastet, wenn man dabei so wenig denkt, daß man gar nicht einmal merkt, wie der vermeintlich bekannte Stoff den Sinnen entschwindet und dasjenige, was der Gesichts- und Tastsinn wahrnimmt, nur in der Reflexion der Lichtstrahlen und dem Gegendrucke des Körpers, also in lauter Wirkungen von Kräften besteht? — Oder meint man überhaupt nichts klar denken zu können, wovon man keine sinnliche Vorstellung hat? Auch von den Kategorien hat man keine sinnliche Vorstellung und doch muß man sie klar denken können, weil ihr Verständniß nothwendig ist, um überhaupt etwas klar denken zu können. Der Begriff von

Kraft gehört selbst zu den Kategorien, und die Dunkelheit, welche Manche bei dem Worte „Kraft" empfinden, liegt nicht in ihrem Begriffe, sondern darin, daß sie des Denkens unsinnlicher Gegenstände entwöhnt, diesen Begriff nicht zu *behandeln* verstehen.

In Wahrheit ist der Begriff von Kraft der *allerklarste* in der ganzen Naturwissenschaft. Denn die Kraft ist

1) das *Ursprünglichste*, was wir aus uns selbst begreifen, während wir uns alles Uebrige in der Natur erst durch sie begreiflich machen müssen. All unser Denken besteht in einem Spiele sich wechselseitig beschränkender Kräfte, und unser Selbstbewußtseyn entsteht durch eine Kraft, welche der anschauenden Thätigkeit in uns hemmend entgegenwirkt. Hier erhalten wir durch innere Anschauung den Begriff der Kraft rein und fertig.
2) Die Kraft ist ferner auch das *Einfachste*, was wir allein unter allen Gegenständen in der Natur rein für sich denken können, während der Stoff als ein Erzeugniß von Kräften schon nicht mehr ohne diese gedacht werden kann.

Die Kraft bedarf daher keineswegs, wie man behauptete, einer Materie zum Substrat, sondern das Substrat der Kraft oder das ursprünglich „Kräftige", von dem sie ausgeht, ist der *Geist*. Auch *Moleschott* machte nicht den geringsten Versuch zu zeigen, inwieferne die Materie als Voraussetzung der Kraft zu denken sey. Von seinen zwei Sätzen: „Kein Stoff ohne Kraft" und „Keine Kraft ohne Stoff" ist nur der erste richtig, der zweite dagegen auf keine Weise gerechtfertiget, eine grundlos aufgestellte, kecke Behauptung und eine offenbare Unwahrheit, geradezu erfunden, um damit eine Reihe anderer Irrthümer, welche der Materialismus gewöhnlich zu Tage fördert, vertheidigen zu können.

Ebenso unrichtig ist die Meinung, die Kraft bedürfe, um wirken zu können, immer schon eines Stoffes zum Gegenstande, *worauf* sie wirkt. Eine Kraft kann immer — und auch in einem Stoffe — nur wieder *auf Kraft* wirken. Wer sich das unmittelbare Aufeinanderwirken von Kräften nicht vorstellen kann, hat es wieder noch nicht dazu gebracht, ohne sinnliche Anschauung zu denken.

B. Grundkräfte.

§ 25.

Wenn auch jede Veränderung in der Natur als Wirkung einer Kraft überhaupt gedacht werden muß, so ist sie doch dadurch noch keineswegs erklärt. Es gab Solche, die für jede Erscheinung eine eigene Kraft annahmen, z. B. für die Krystalle eine „Krystallisationskraft", für die lebenden Körper eine „Lebenskraft", und meinten, damit der Nothwendigkeit jeder weiteren Erforschung der Ursachen überhoben zu seyn. Hierin lag allerdings ein Mißbrauch des Begriffes von Kraft. Die Annahme der Kraft als Ursache ist in der Wissenschaft immer nur dazu gestattet, um begreiflich zu machen, auf welche Weise die Kraft dasjenige bewirkt, was durch sie erklärt werden soll. Macht man sich die Lösung dieser Frage zur Aufgabe, so findet sich, daß keine Veränderung in der Natur durch eine einzige Kraft bewirkt werden kann, sondern jede das Zusammenwirken mehrerer Kräfte voraussetzt. Der Unterschied der Kräfte liegt in ihrer Wirkungsweise. Um diese zu erforschen, müssen die verschiedenen Kräfte als gleichartige erkannt und auf ursprüngliche zurückgeführt werden, welche als letzte Ursachen der ganzen Natur zu Grunde liegen. Diese ursprünglichen Kräfte nennt man die Grundkräfte.

Sind die Kräfte überhaupt nicht sinnlich wahrnehmbar, sondern nur ihre Wirkungen (§ 24), so folgt daraus von selbst, daß auch die Grundkräfte nicht empirisch, sondern nur spekulativ erforscht werden können. Die Wirkungen der beiden ersten Grundkräfte (+M und —M) fallen unmittelbar in die Sinne. Diese beiden Grundkräfte sind daher schon längst unter den Namen Expansivkraft und Kontraktivkraft allgemein bekannt. Schwerer zu entdecken war die dritte Grundkraft (±M). Denn ihre Wirkung tritt nie unmittelbar in die Erscheinung, sondern offenbart sich nur durch die Verbindung der beiden anderen Grundkräfte und die verschiedene Art ihrer Verbindung. Bei sorgfältiger Ermittlung des Zusammenhanges verschiedener Naturerscheinungen wäre ihre Entdeckung wohl auch dem Empiriker nicht unmöglich gewesen. Die Philosophie, welcher hiefür noch andere Hülfsmittel zu Gebote standen, ist indessen der Empirie zuvorgekommen. Jetzt nachdem

diese dritte Grundkraft entdeckt ist, kostet es keine Mühe mehr, ihre Existenz in der Natur nachzuweisen. Mit den drei Grundkräften ist auch erst die Möglichkeit einer ausreichenden dynamischen Theorie gegeben, während alle bisherigen Versuche, eine solche Theorie mit den beiden ersten Grundkräften zu Stande zu bringen, sich als fruchtlos erwiesen.

C. Äquivalenz der Grundkräfte.

§ 26.

Sind die Stoffe ein Erzeugniß der Grundkräfte, so ist die Möglichkeit gegeben, Stoff und Kraft auf einen gemeinschaftlichen Ausdruck zu bringen und beide nach übereinstimmenden Formeln zu berechnen. Bisher hat man gewöhnlich nur die Stoffe durch arithmetische Formeln bezeichnet, nemlich durch Angabe der Bestandtheile oder der sogen. Elementarstoffe mit ihren Äquivalentzahlen, d. i. nach den Verhältnissen jener Quantitäten, in welchen sich die Elementarstoffe bei den chemischen Verbindungen unter einander vertreten. In neuerer Zeit hat J. R. Mayer in Heilbronn[1]) darauf aufmerksam gemacht, daß es auch unter den Kräften Äquivalenzen und Verhältnißzahlen gebe. Er bemerkte, daß durch Bewegung bei Fall, Druck und Stoß Wärme und umgekehrt durch Wärme Ausdehnung, also wieder Bewegung hervorgebracht werden kann, und daß hiebei Bewegung und Wärme immer in gleichem Verhältnisse zu einander stehen.

Die Physiker haben diese Entdeckung allmählig schätzen gelernt und die Äquivalenz der Kräfte in den verschiedenartigen Naturerscheinungen weiter verfolgt, aber noch kein Prinzip gefunden, aus welchem sich eine wissenschaftliche Theorie hierüber ableiten ließe. Mayer selbst hat sich die Begründung einer solchen Theorie dadurch unmöglich gemacht, daß er, um seiner Lehre eine vermeintlich festere Grundlage zu geben, von der falschen Voraussetzung ausging: „Es gibt nur eine einzige Kraft".[2]) Eine Äquivalenz von Kräften im eigentlichen Sinne ist gar nicht möglich ohne Verschiedenheit von Kräften und namentlich von Grundkräften. Wird

[1]) zuerst im Jahre 1842, ausführlich in seiner „Mechanik der Wärme" 1867.
[2]) a. a. O. S. 20.

nur eine Kraft in einer bestimmten Wirkungsweise gehindert und genöthiget, in einer anderen Weise fortzuwirken, so kann in Wahrheit nicht von äquivalenten Kräften, sondern nur von äquivalenten Wirkungen einer und derselben Kraft gesprochen werden. Wenn dagegen eine Kraft eine 2., ihr entgegengesetzte Kraft überwindet und dadurch bewirkt, daß eine 3., der 2. gleichfalls entgegengesetzte Kraft, welche bisher durch diese gehemmt war, wieder frei und in Wirksamkeit gesetzt wird, so läßt sich, wenn die 1. nicht größer ist, als die 2. und die 3., eine dreifache Äquivalenz unterscheiden. Die 1. und 2. Kraft sind äquivalent, soweit die 2. von der 1. aufgehoben wird, weil nur gleiche entgegengesetzte Kräfte einander aufheben können, die 2. und 3. Kraft, insoweit jene aufgehoben und diese frei wird, weil die 3. Kraft in demselben Maße frei werden muß, in welchem die 2. ihre Wirksamkeit gegen sie verliert, die 1. und 3. Kraft endlich, insoweit die 3. frei wird, weil diese in dem nemlichen Maße frei werden muß, in welchem die 1. die 2. überwindet.

Wie eine Grundkraft sowohl in ihren eigenen Wirkungen als mit den anderen Grundkräften äquivalent werden kann, wollen wir durch folgende Beispiele erörtern.

1) Mayer berechnete, daß eine Wärme, wodurch die Temperatur eines Gewichttheiles Wasser um 1° C. erhöht wird, zur Bewegung verwendet, einer Kraft entspricht, durch welche ein gleiches Gewicht 1200′ hoch empor gehoben werden kann. Hier ist es eine und dieselbe Grundkraft, nemlich die +M, welche auf verschiedene Weise in der Wärme und Bewegung wirkt.

2) Wird ein Gas, welches durch äußeren Druck auf ein bestimmtes Volumen beschränkt ist, durch einen stärkeren Druck noch weiter eingeschränkt, so leistet es dem äußeren Druck einen stärkeren Widerstand, der sich durch einen vermehrten Gegendruck äußert. Wird es nun einer Kälte ausgesetzt, welche bewirkt, daß schon der erste Druck hinreicht, es in dem kleineren Volumen zu erhalten, so wirkt jetzt die Kälte ebenso, wie vorher die Vermehrung des Druckes, und da der äußere Druck immer dem Gegendruck des Gases gleich ist, so bildet die in der Kälte hinzugekommene —M ein Äquivalent der durch die Einschränkung des Volumens überwundenen +M.

3) Läßt man eine einpfündige Bleikugel aus einer Höhe von 5 m. auf die Erde fallen, so erreicht siebis zu ihrem Zusammentreffen mit der Erde eine Schnelligkeit von 10 m. in 1 Sec. und durch den Zusammenstoß beider entsteht eine Wärme, welche hinreicht, die Temperatur der Kugel um $^1/_3{}^\circ$ C zu erhöhen. Vermehrt man das Gewicht der Bleikugel auf 2 Pfund, dann entsteht eine doppelte Wärme, und läßt man die Kugel aus einer Höhe herab fallen, bei welcher sie die doppelte Schnelligkeit erreicht, dann entsteht eine vierfache Wärme. Die Wärme enthält die +M, welche in den zusammenstoßenden Körpern momentan außer Wirksamkeit und dadurch in den Stand gesetzt wird, außer ihnen als Wärme zu wirken. Die Schnelligkeit der Bewegung, welche die Bleikugel durch den Fall erlangt, ist dagegen nach § 10 Z. 7 eine Wirkung der ±M, und da diese Wirkung das Maß bestimmt, in welchem die +M in den zusammenstoßenden Körpern als Wärme frei wird, so müssen immer beide einander genau entsprechen. Die Wärmewirkung der +M ist äquivalent der Schwerewirkung der ±M.

Aber auch zwischen den Stoffen und Kräften haben sich Äquivalenzen nachweisen lassen. Bei jeder Verbrennung entsteht Wärme, und diese richtet sich, wie die Versuche Daltons beweisen, genau nach der Menge des Sauerstoffes, welcher sich chemisch mit dem verbrennenden Körper verbindet. Die Elektrizität zerlegt das Wasser und viele andere Stoffe in ihre chemischen Bestandtheile. Nach dem Gesetze von Faraday steht hiebei die Menge des zerlegten Stoffes immer genau im Verhältnisse mit der Stärke der elektrischen Kraft und die Bestandtheile trennen sich hiebei auch immer nach ihren chemischen Äquivalenten. Verbinden sich die durch Elektrizität getrennten Bestandtheile des Wassers, Wasserstoff und Sauerstoff wieder mit einander, so offenbart sich auch wieder eine der Elektrizität äquivalente Kraft. Es entsteht eine Wärme, welche genau derjenigen gleich ist, welche entstanden wäre, wenn die zur Wasserzersetzung verwendete Elektrizität durch gehemmte Leitung in Wärme verwandelt worden wäre [3]).

Die Anhänger der atomistischen Theorie stellten den Satz auf, daß kein Stoff neu entstehe oder verloren gehe, sondern die

[3]) Liebig in den Münchener „Wissenschaftlichen Vorträgen" 1858 S. 592.

Quantität der Stoffe in der Natur unveränderlich sey. Seit der Entdeckung der Kräfteäquivalenz glaubte man das Nemliche auch bezüglich der Kräfte behaupten zu sollen[4]). In beiden Behauptungen liegt eine Voreiligkeit, welche die Empiriker nicht wagen sollten, weil sie damit das Gebiet der Erfahrung überschreiten. Bestehen die Stoffe aus Verbindungen von Kräften, welche beständig einer theilweisen Auflösung und Umwandlung unterworfen sind, so verliert der Satz von einer unveränderlichen Quantität der Stoffe allen Grund. Denn wenn auch wir keinen Stoff in seine Kräfte auflösen können, ohne diese wieder zu neuen Stoffen zu verbinden: was zwingt uns anzunehmen, daß in der ganzen Natur jede Lösung von Kräften eine neue Verbindung derselben zu neuen Stoffen zur Folge haben müsse, und durch keine Verbindung neuer Kräfte ein weiterer Stoff hervorgebracht werden könne? — Bei einer unveränderlichen Quantität der Kräfte würde ferner jede Bewegung und Veränderung in der Welt völlig unbegreiflich.

Mag man sich ein System von Kräften denken, wie man will, so muß, wenn ein Zusammenwirken und ein Austausch unter ihnen Statt finden soll, ein Gegensatz und eine Gleichartigkeit unter ihnen angenommen werden. Sie müssen sich also auf entgegengesetzte Grundkräfte zurückführen lassen. Wären diese einander gleich, so würden sie sich sofort gegenseitig aufheben und in ihrem Produkte auf ewig ihr Grab finden. Wären sie einander ungleich, so würden sie sich gegenseitig soweit aufheben, als sie einander gleich sind, und der Ueberschuß fände ohne Gegensatz nichts mehr, woran er zur Wirksamkeit gelangen könnte. Vergeblich wäre der Versuch, diese Konsequenzen dadurch zu vermeiden, daß man sich das Zusammenwirken der Kräfte räumlich in möglichst viele und weit von einander entfernte Punkte zerstreut und ihren Austausch von einem Punkte zum andern an eine gewisse Zeit gebunden denkt, um auf diese Weise der Welt bis zum Eintritte der ewigen

---

[4]) Schon Mayer a. a. O. S. 19. — Vgl. ferner Liebig a. a. O. S. 593. — Helmholtz: „Ueber die Erhaltung der Kraft" 1847 S. 4 ꝛc. — Clausius („Abhandlungen über die mechan. Wärmetheorie" 1864—1867 Abth. II S. 44) bedient sich hiefür des Ausdruckes: „Die Energie der Welt ist constant."

Grabesruhe eine möglichst lange Frist zu retten. Hiebei hätte man vor Allem zu erklären, woher es kommt, daß die Kräfte eine Zeit brauchen, um den Raum zu durchwirken. Bei der Annahme, daß sie immer neu entstehen, erklärt sich ihr Wirken in der Zeit von selbst (§ 28). Wie aber eine einmal entstandene Kraft, die nur als geistige Thätigkeit gedacht werden kann, an sich einer Schranke des Raumes oder der Zeit unterliegen soll, ist schlechterdings nicht zu begreifen. Wir besorgen von Seite der Naturforscher keine Widerlegung aus den Begriffen von Kraft, Raum und Zeit. Man wird uns aber vielleicht entgegnen, die Erfahrung beweise eben, daß jede Kraft bei dem Durchwirken des Raumes an eine gewisse Zeit gebunden sey. Selbst das Licht brauche ungeachtet seiner geisterhaften Schnelligkeit 8 Minuten Zeit, bis es von der Sonne zur Erde gelangt. Allein die Erfahrung zeigt uns immer nur das Wirken, nichts über die Entstehung der Kraft. Was berechtigt uns nun, den Zeitverlauf nur dem Wirken und nicht der Entstehung beizulegen? Auch die Wellenbewegung des Lichtes erfordert, wie wir sehen werden, zu ihrer Erklärung ein beständig neues Entstehen von Kräften. — Jede räumliche Entfernung in der Natur kann ferner nur durch Kräftewirkung entstanden seyn. Bräuchte also wirklich jede entstandene Kraft eine Zeit zum Durchwirken des Raumes, dann müßte schon ein fortdauerndes Wirken von Kräften angenommen werden, um die Vertheilung jener Punkte im Raume, von welchen aus sie zusammenwirken sollen, erklären zu können. Die Hypothese würde also das, was sie erklären will, schon voraussetzen.

Wenn das Denken sich verwirrt und den Zusammenhang zwischen Grund und Folge verloren hat, fängt es an, sich im Kreise zu drehen. Auf diese Art kam Moleschott zu seiner Lehre vom „Kreislaufe des Stoffs“. Die gleiche Verwirrung könnte auch dazu führen, eine Lehre vom „Kreislaufe der Kräfte“ zu ersinnen. Bei dem Kreislaufe des Stoffs wurden doch nur die Stoffatome von den Kräften im Kreise bewegt. Das Denken hatte die bewegende Ursache getrennt von dem im Kreise Bewegten und konnte wenigstens noch den Schein bewahren, als befinde es sich selbst hiebei auf dem geraden Wege vom Grunde zur Folge. Bei dem Kreislaufe der Kräfte würde aber die Kraft als Ursache

selbst wieder aus ihrer Wirkung entstehen, also die bewegende Ursache Folge von dem werden, was selbst wieder Folge von ihr seyn soll. Hier würde sich demnach das Denken wahrhaftig selbst mit im Kreise bewegen.

Wer mit einem Instrumente arbeiten will, prüft zuerst dessen Brauchbarkeit. Auch der Naturforscher, welcher sich des Begriffes der Kraft wie eines Instrumentes zur Erklärung bedient, sollte vorerst dessen Schärfe untersuchen. Statt dessen nimmt man den Begriff von Kraft gut oder schlecht, wie man ihn findet, und baut damit eine Theorie um die andere. Man denkt sich die Kräfte ein für alle Mal geschaffen oder auch von Ewigkeit her, fortdauernd und bald ruhend, bald als lebendige Kräfte die Welt durchziehend kreuz und quer, überall, wohin sie kommen, eine gewisse Wirkung hervorbringend und von da wieder weiter ziehend. Davon daß die Kräfte in der Natur einander entgegengesetzt sind, daß sie immer einander entgegenwirken und bei jeder Wirkung einander aufheben, scheint man gar nichts zu wissen. Man findet nun die Bewegung und Wärme einander äquivalent, dann daß die Bewegung immer in Wärme, die Wärme aber nach dem Carnot'schen Gesetze nur dann in Bewegung sich verwandeln kann, wenn sie von einem wärmeren Körper zu einem kälteren übergeht. Macht man also zwischen den Kräften keinen Unterschied und nimmt man die Summe der Kräfte als gleich bleibend an, so kommt man zu dem Schlusse, daß sich beständig die Wärme vermehren und die Bewegung vermindern müsse. Hiedurch konnte sich ein Naturforscher ersten Ranges, wie Helmholtz, zu der Ansicht verleiten lassen, daß zuletzt der ganze Kräftevorrath der Welt in Wärme übergehen, die Temperatur überall sich vollkommen ausgleichen und dann alle Bewegung in der Welt aufhören werde [5]). Die Wärme ist jedoch, wie wir im § 30 sehen werden, ein Zustand der Spannung. Diese Spannung sollte durch den Uebergang aller Bewegung in Wärme den höchsten Grad erreichen und ohne sich je mehr zu entladen, ewig fortdauern!

Bewegung und Veränderung ist in der Natur bloß dadurch möglich, daß nach dem ursprünglichen Zusammenwirken der Kräfte

---

[5]) Helmholtz: „Ueber die Wechselwirkung der Naturkräfte" 1854 S. 23.

neue Kraft hinzukommt, wodurch das Gleichgewicht im Produkte wieder aufgehoben wird. Jede Kraft ist als Ursache mit ihrer Wirkung verbraucht. Soll sie fortgesetzt wirken, so muß sie immer neu als Ursache entstehen. Erst daraus ergibt sich eine fortdauernde Kraft mit der Folge, daß ihre Wirkung in der Natur nicht verloren gehen kann. Sie muß immer mit anderen Kräften im Kampfe liegen, entweder diese überwinden oder von ihnen überwunden werden oder durch Erreichung des Gleichgewichtes mit ihnen zur Ruhe kommen. Im 1. Falle kann sie verschiedene Kräfte überwinden, und dann sind die Wirkungen äquivalent, welche sie gegen jede von diesen Kräften hervorzubringen im Stande ist. Im 2. Falle kann sie nur durch eine gleiche andere Kraft überwunden werden, und dann ist diese ihr äquivalent. Im 3. Falle ist die Ruhe nur eine scheinbare. Die Kräfte wirken fortwährend gegen einander. Weil aber dieses immer gleichmäßig geschieht, entsteht dadurch immer die nemliche Erscheinung. Schon der geistreiche Örsted sagt: „Jede scheinbare Ruhe in der Natur ist nur ein Schweben zwischen gleich großen entgegengesetzten Kräften". „Das scheinbar Beständige ist nur das Gleichbleiben der Wirkungen wie die Form eines von fern gesehenen Wasserfalles". [6]) Die gleichbleibende Erscheinung des fortgesetzten Zusammenwirkens der Grundkräfte ist Stoff. Jede darin begriffene Kraft ruht scheinbar solange, bis ihre Verbindung mit den anderen Kräften wieder aufgelöst und ihr dadurch die Möglichkeit zurückgegeben wird, Wirkungen außer dem Stoffe zu verursachen. In diesem Falle dauern die Kräfte fort in äquivalenten Stoffen und entwickeln sich wieder aus diesen als äquivalente Kräfte. „Jedes bestimmte Quantum eines chemisch spezifischen Stoffes kann", wie Snell [7]) bemerkt, „betrachtet werden als ein Magazin von angesammelter, ruhender oder latent gewordener Arbeit."

Durchdringt der Strom der Grundkräfte immer neu entstehend die Welt, so nöthigt uns nichts, ihn stets gleich bleibend zu denken. Die fortwährenden ungleichförmigen Veränderungen in

---

[6]) „Der Geist in der Natur" Bd. I S. 14 u. 21.

[7]) „Die Streitfrage des Materialismus" S. 48.

der Welt lassen eher darauf schließen, daß er sich beständig ändern müsse. Manche Veränderungen, z. B. die Bewegungen der Planeten, unterliegen zwar einer gewissen Regelmäßigkeit und periodischen Wiederkehr und geben damit der Hoffnung Raum, aus einem ungleichförmigen Zusammenwirken gleich bleibender Kräfte erklärt werden zu können. Wer möchte aber annehmen, daß alle Veränderungen in der Welt regelmäßige und periodisch wiederkehrende seyen?

D. Berechnung der Grundkräfte.

§ 27.

Snell hat die Folgen, welche die Entdeckung äquivalenter Kräfte nothwendig nach sich ziehen muß, ganz richtig erkannt, wenn er sagt: „Die nächste Hauptaufgabe der Naturwissenschaft und ihr accentuirter Fortschritt wird wahrscheinlich bestehen in der allseitigen Ergründung dieser Zusammenhänge und in einer damit verbundenen Theorie des chemischen Prozesses, welche auf die Auffassung der chemischen Stoffe als bestimmter Complexe von Thätigkeiten basirt ist". [1]) — Gelingt es, die sogen. Elementarstoffe in ihre Grundkräfte aufzulösen und in jedem dieser Stoffe das Verhältniß der in ihm verbundenen Grundkräfte in Zahlen auszudrücken, dann eröffnet sich für die Naturforschung eine neue Bahn. Die Eigenschaften eines jeden Stoffes lassen sich aus seinen Bestandtheilen erklären und die Physik und Chemie erhalten gemeinschaftliche Prinzipien.

Die Berechnung der Grundkräfte in jedem einzelnen Stoffe, welche die Philosophie selbstverständlich der empirischen Naturwissenschaft überlassen muß, ist allerdings mit nicht geringen Schwierigkeiten verbunden. Aber der Lohn für die Ueberwindung dieser Schwierigkeiten ist so groß und die Aufgabe, auf dieser Bahn fortzuschreiten, der Naturwissenschaft mit solcher Bestimmtheit gestellt, daß dieselbe sich in keiner Weise mehr der Lösung dieser Aufgabe entschlagen kann. — Kein Stoff läßt sich so in seine Grundkräfte auflösen, daß von diesen jede für sich allein zum Gegenstande der Untersuchung gemacht werden könnte (§ 9).

---

[1]) A. a. O.

Es bleibt daher nichts übrig, als den Stoff in verschiedene Zustände zu versetzen, in welchen jedesmal eine Grundkraft ihre Quantität durch ihre besondere Wirkung auf eine andere äquivalente Kraft äußert. Die Schwierigkeit der Aufgabe wird hiebei immer nur in der Auffindung der Mittel bestehen, wodurch jede einzelne Grundkraft genöthiget wird, ihre Wirksamkeit rein und vollständig zu äußern, und welche es zugleich möglich machen, das Maß ihrer Wirkung genau zu bestimmen.

Zur Berechnung der +M findet sich ein einfaches Mittel in dem Gewichte der Körper. Denn dieses bestimmt sich nach § 11 immer nach der Quantität der von der ±M mit der —M verbundenen +M. Durch das Gewicht erkennen wir zwar immer nur diejenige +M, welche der Verbindung im Stoffe unterliegt, nicht dagegen jene, welche nach dieser Verbindung von außen hinzukommt und darauf gerichtet ist, die Verbindung der Grundkräfte im Stoffe wieder aufzuheben. Aber auch nur die erstere +M gehört zum Wesen des Stoffes und ist bei der Bestimmung desselben in Ansatz zu bringen, während die letztere +M nur eine zufällige Erscheinung am Stoffe bildet und den Aggregationszustand und die Temperatur desselben begründet.

Die —M ergibt sich ursprünglich aus dem Volumen des Stoffes. Denn dieses steht nach § 10 Z. 6 bei gleicher +M im umgekehrten Verhältnisse mit der —M. Das Volumen, mit welchem sich die Stoffe in der Erfahrung vorfinden, ist jedoch nach den Aggregationszuständen verschieden und zugleich durch die Temperatur bestimmt und eignet sich daher nicht dazu, um hieraus unmittelbar die Quantität des in jedem Stoffe durch die ±M mit der +M verbundenen —M zu berechnen. Nur das ursprüngliche Volumen könnte dieser Berechnung zu Grunde gelegt werden. Gelänge es, das empirische Volumen eines jeden Stoffes auf das ursprüngliche zurückzuführen, dann wäre auch die Möglichkeit gegeben, die Größenverhältnisse der —M gleichmäßig mit jenen der +M zu bestimmen. Denn insoweit die —M das Volumen eines Stoffes vermindert, wirkt sie gleich einem äußeren Drucke, und dieser läßt sich ebenso wie die +M durch Gewichte bezeichnen. Um aber das ursprüngliche Volumen jedes Stoffes zu erhalten, würde es nicht genügen, einen absoluten 0° der Temperatur auf-

zusuchen und den Stoff in diese Temperatur zu versetzen, sondern man muß auf jenen Zustand zurückgehen, in welchem jeder Stoff ursprünglich erschaffen wurde. Durch die anfängliche Verbindung der +M und −M mittels der ±M wurden alle Stoffe flüchtig und erst, als mit der Zunahme des Stoffes die ±M (nach § 8 Z. 3) allmählig das Gleichgewicht mit den beiden andern M und zuletzt das Uebergewicht in der Stoffbildung erlangte, in flüssige und feste umgewandelt. Die Auflösung eines festen oder flüssigen Stoffes in Dampf, wie wir sie durch Wärme bewirken können, genügt gleichfalls für sich allein noch nicht, weil jeder solche Dampf sich in einer Verdichtung befindet (§ 13), sondern jedem flüchtigen Stoffe muß überdieß noch die weiteste Ausdehnung gegeben werden, bei welcher die +M in ihm die ihr durch die −M gesetzte Grenze erreicht. Eine unmittelbare Bestimmung dieser weitesten Ausdehnung durch Beobachtung wäre mit der erforderlichen Genauigkeit kaum ausführbar. Die in neuerer Zeit erfundene Spektralanalyse scheint dagegen zweckmäßigere Mittel an die Hand zu geben. Wir werden in der Lehre vom Lichte hierauf zurück kommen (§ 36).

Die ±M kann man durch eine äußere Kraft bestimmen, durch welche ihre Wirkung im Stoffe aufgehoben wird. Ein geeignetes Mittel hiezu ist die Wärme. Diese hebt die Wirkung der ±M in den 3 Aggregationszuständen eines jeden Stoffes von einer Stufe zur andern auf (§ 12). Sie überwindet die Kohäsion, verwandelt den flüssigen Stoff in Dampf und löst auch noch im flüchtigen Stoffe das Band, womit die ±M die +M und −M zusammenhält, so daß die +M zuletzt, von ihrer Schranke durch die −M befreit, als Licht erscheint. Wie die Wärme in bewegende Kraft verwandelt und gleichfalls nach Gewicht bestimmt werden kann, haben wir im § 26 gezeigt.

E. Wirkungen der Grundkräfte.

§ 28.

Nach § 4 entsteht die Natur durch die Wiedervereinigung der schöpferischen Mächte zu dem Zwecke, eine neue, von ihrer ursprünglichen Einheit in Gott verschiedene Einheit außer Gott hervorzubringen. Wir haben im § 7 gesehen, wie durch diese Wieder-

vereinigung der Stoff entsteht, und im § 8, wie die Mächte, um nicht in ihre ursprüngliche Einheit zurückzufallen, genöthiget sind, eine Verschiedenheit von Stoffen zu produziren, wie sie, um über diese Verschiedenheit hinweg zur neuen Einheit zu gelangen, genöthiget sind, durch fortgesetzte Produktion die Unterschiede in den Stoffen immer mehr zu vermindern, wie sie aber auch auf diesem Wege die Einheit noch nicht erreichen können, weil die vollkommene Aufhebung der Unterschiede in der Unendlichkeit läge, und die Mächte, wenn sie der Unendlichkeit nachgingen, statt sich zu sammeln, durch unendliche Zerstreuung sich verlieren würden, und wie daher die Produktion der Stoffe nothwendig begrenzt werden muß.

Solange die 3 M nur Stoffe produziren, ist ihr Wirken bloß räumlich. Es giebt noch keinen Zeitunterschied. Alles geschieht mit absoluter Schnelligkeit. Würden die 3 M in's Unendliche Stoff produziren, dann entstünde gar keine Zeit, sondern nur eine im Raume unendlich ausgedehnte Welt. In dieser könnte sich aber nichts ändern; denn die 3 M hätten sich in einem unendlichen Produkte erschöpft, es wäre also gar keine Ursache mehr vorhanden, welche eine Änderung bewirken könnte. — Die Zeit entsteht erst dadurch, daß die Produktion im Raume begrenzt wird. Gemäß ihrer Unendlichkeit können die 3 M bei dem endlichen Produkte nicht stehen bleiben, sondern müssen über dasselbe hinauswirken. Ist aber jetzt ihrem Wirken eine räumliche Grenze gesetzt, so kann es nur noch innerhalb dieser Grenze stattfinden und muß nothwendig darauf gerichtet seyn, die Bestimmungen der bereits produzirten Stoffe wieder aufzuheben. Dadurch wirken sie verändernd. Sie werden also zu Kräften und bilden jene unversiegbare Quelle, aus welcher der Strom der Grundkräfte in der Natur zeitlich immer neu entspringt.

Erst jetzt wird die Welt zum Schauplatze manigfaltiger Ereignisse und einer fortschreitenden Entwicklung. Die 3 M verbinden die Zeit mit dem Raume. Es entsteht Bewegung. Mit jedem Hervortreten einer Grundkraft wankt das Gleichgewicht in den Stoffen. Diese trennen sich in Körper und wirken als Körper durch ihre Kräfte wieder auf einander. Die Kräfte lösen ihre Verbindungen und verbinden sich wieder in anderer Weise. Es

entstehen neue Körper, welche der Umbildung durch die Grundkräfte immer zugänglicher werden und zuletzt das Vermögen erlangen, die Grundkräfte aus sich selbst zu entwickeln und das Leben der ganzen Natur in sich selbst darzustellen.

Um diese Erscheinungen begreiflich zu machen, haben wir das zeitliche Zusammenwirken der Grundkräfte in seinen einzelnen verschiedenen Arten und Abstufungen, und zwar zuerst in einem und demselben Körper und dann in verschiedenen Körpern zu konstruiren. Nach dieser Konstruktion wird uns dann auch die Verbindung der verschiedenen Arten ihres Zusammenwirkens oder das Leben der Natur im Ganzen und der organischen Körper, soweit dessen Erklärung in unserer Aufgabe liegt, begreiflich werden.

a) in einem und demselben Körper.

α) Elastizität.

§ 29.

Die +M strebt immer, sich im Raume auszubreiten, und schließt sich darum in verschiedenen Körpern selbst vom Raume aus (§ 10 Z. 3). Zwei auf einander stoßende Körper sind durch äußere +M getrieben und suchen sich durch diese gegenseitig aus dem Raume zu verdrängen. Mit der ihnen selbst angehörigen +M leisten sie aber einander Widerstand. Insoweit nun in einem Körper die +M genöthiget wird, der äußeren Gewalt zu weichen und einen kleineren Raum einzunehmen, muß in ihm das Streben entstehen, nach dem Zurücktreten der äußeren Gewalt seine frühere Ausdehnung wieder herzustellen. Die Fähigkeit eines Stoffes, sich auf solche Weise äußerem Drucke zu fügen und nach demselben seine frühere Ausdehnung wieder anzunehmen, heißt Elastizität.

Die Elastizität kommt nicht allen Stoffen in gleichem Maße zu. Die flüchtigen Stoffe müssen sie schon ihrem Begriffe nach (§ 13) im höchsten Maße besitzen. Bei den flüssigen erklärt sich aus dem Gleichgewichtsverhältnisse zwischen der ±M und den beiden andern M (§ 14), daß ihre Elastizität nur eine geringe seyn kann. In den festen ist die +M an gewisse Richtungen

gebunden (§ 15). Hier kann daher die Elastizität durch eine veränderte Lagerung der einzelnen Theile verschwinden. Ändert sich die Lagerung der Theile nicht, so muß die Elastizität wieder in höherem Maße hervortreten, weil die ±M darauf abzielt, die Verbindung der +M und −M in den bestimmten Richtungen gegen äußere Störungen aufrecht zu erhalten.

In einem flüchtigen oder flüssigen Stoffe kann der Druck oder Stoß immer nur auf die +M wirken, weil er nur gegen diese gerichtet werden kann. Die Aufhebung einer bestimmten Raumerfüllung fällt nach § 27 in die Zeit. Die +M kann also hiebei den Raum nur in der Zeit durchwirken. Die Wirkung des Stoßes muß sich also in dem gestoßenen Körper allmählig von Theil zu Theil fortpflanzen. Insoweit darin die Wirkungen der +M und −M gleichheitlich vertheilt sind, kann die +M zuerst nur an der Berührungsstelle auf einen kleineren Raum beschränkt werden. Es muß also hier eine Verdichtung entstehen, welche sich nach und nach auf die übrigen Theile verbreitet und dadurch vermindert, bis das Gleichgewicht zwischen der +M und −M im ganzen Körper wieder hergestellt ist.

Bewegt sich der stoßende Körper nach vollbrachtem Stoße wieder zurück, dann entsteht durch die Vorbewegung an der Berührungsstelle in dem gestoßenen Körper eine Verdichtung, durch die Rückbewegung eine Verdünnung. Die Ansammlung der +M in dem zuerst verdichteten Theile a nöthigt auch die −M, sich in dem nemlichen Theile zu sammeln, um der +M entgegenzuwirken. Während aber nun die −M den zunächst gelegenen Theil b verläßt, um sich in a zu vermehren, verbreitet sich die +M, welche sich aus ihrer Ansammlung in a entladen muß, nicht nur in den durch die Rückbewegung des stoßenden Körpers leer gelassenen Raum, sondern auch in den Theil b. In b ist also jetzt die +M vermehrt und die −M vermindert, in a dagegen die +M vermindert und die −M vermehrt. Der Stoff muß sich also in a zusammenziehen und in b ausdehnen. Bei der Ausdehnung in b bildet für die +M der nächste, noch im Gleichgewicht befindliche Stofftheil c ein Hinderniß, und die −M ist genöthigt, sich in b zu sammeln, um der +M hier entgegenzuwirken. Die +M vermehrt sich also jetzt in c und vermindert sich in b, während sich

die —M in c vermindert und in b vermehrt. Es entsteht daher eine Zusammenziehung in b und eine Ausdehnung in c. Die Verdichtung und Verdünnung wechselt auf diese Art von Theil zu Theil, und die Ausdehnung und Zusammenziehung setzt sich in Form einer laufenden Welle fort durch den ganzen Stoff und erregt in unserem Gehöre die Empfindung der Schallwellen. Erleidet der Stoff wiederholte Stöße gleichmäßig und unmittelbar nach einander, so entstehen jene Schwingungen, welche wir als Töne vernehmen.

In festen Stoffen kann der Druck oder Stoß, wodurch das Gleichgewicht in ihnen gestört wird, nicht bloß gegen die +M, sondern auch gegen die —M gerichtet seyn, weil hier beide +M in bestimmten Richtungen wirken. Zieht man eine zwischen zwei Befestigungspunkten gespannte Draht- oder Darmsaite in der Mitte seitwärts, so daß sie statt der geraden Lage eine gebogene erhält, so wird sie dadurch gedehnt. Die Ausdehnung ist gegen die —M im Stoffe gerichtet. Diese muß deshalb streben, das Volumen der Saite wieder zu vermindern. Die Saite muß also, wenn sie losgelassen wird, sich zusammenziehen und in die gerade Lage zurückkehren. Die Zurückbewegung in diese Lage ist aber nicht bloß eine Wirkung der —M, sondern zugleich eine Folge von der Kohäsion der Saite, also Wirkung der ±M. Nach den Gesetzen dieser Grundkraft kann sie daher keine gleichmäßige seyn, sondern ihre Schnelligkeit muß gleich der eines fallenden Körpers im Verhältnisse der Quadrate der Zeiten zunehmen (§ 11 b.). Eine weitere Folge hievon ist, daß wenn die Saite in ihre gerade Lage zurückgekehrt ist, sie nicht stille stehen kann, sondern ihre bis dahin verursachte Bewegung fortdauern, also die Saite sich nach der entgegengesetzten Seite beugen muß. Wenn nemlich die Saite in der geraden Linie angekommen ist, hört zwar die ±M als Bewegungsursache auf, zu wirken. Daraus folgt aber nur, daß von da an die bereits verursachte Bewegung durch keine neu hinzukommende mehr vermehrt werden kann. Die Bewegung mit ihrer bisherigen Schnelligkeit dauert aber bei dem Eintreffen in der geraden Lage noch fort. Wenn ferner die Saite aus dieser Lage zur entgegengesetzten Beugung übergeht, fängt die ±M neuerdings an, ihre Rückkehr zu bewirken. Die Bewegung muß also mit

ihrer Entfernung aus der geraden Lage im Verhältnisse der Quadrate der Zeiten abnehmen und, wenn sie = 0 geworden ist, in Rückbewegung übergehen. Diese muß wieder eine im nemlichen Verhältnisse beschleunigte seyn und eine abermalige Ausbeugung auf die entgegengesetzte Seite nach sich ziehen, und auf diese Weise müssen die Schwingungen der Saite solange fortdauern, bis sie durch die Hindernisse in der Saite selbst und in ihrer Umgebung immer kleiner werden und zuletzt ganz aufhören. Solange die Schwingungen dauern, schwankt das Gleichgewicht zwischen der +M und der —M, wobei jene von den beiden Befestigungspunkten aus einander entgegenwirken. Mit dem Zurückfallen der Saite in die gerade Lage hat jedesmal die —M ihre Befriedigung erlangt und ihre Spannung verloren, die +M dagegen den höchsten Grad ihrer Spannung erreicht, und mit jeder neuen Ausbeugung der Saite entladet sich wieder diese Spannung und erreicht dafür die Spannung der —M ihren höchsten Grad.

Auch hier ist es der Widerstreit der +M und —M, welcher die Schwingungen hervorbringt. Die ±M vermittelt und begrenzt dieselben, indem sie die +M und —M immer wieder in ihre ursprüngliche Verbindung zurückführt. Sie bestimmt hiebei die Schnelligkeit, mit welcher sich die Saite um ihre Gleichgewichtslage bewegt in der Art, daß hiedurch die Unterschiede der Zeit in den Schwankungen der +M und —M ausgeglichen werden. Die Dauer jeder Schwingung bleibt bei gleicher Länge, Beschaffenheit und Spannung der Saite immer gleich, mag die Weite (Amplitüde) der Schwingungen sich vergrößern oder verkleinern. Die Unterschiede in der Dauer oder die Zahl der in einer bestimmten Zeit sich wiederholenden Schwingungen bestimmen sich demnach bloß nach dem Verhältnisse der in Schwankung begriffenen +M und —M.

Wie sich das Volumen eines Stoffes aus den Quantitäten seiner +M und —M berechnet (§ 7), so ergibt sich hieraus auch die Zeit, welche bei aufgehobenem Gleichgewichte beider die —M braucht, um die +M zu überwinden. Auch diese Zeit muß bei gleicher —M in gleichem Maße mit der +M zunehmen und bei gleicher +M in umgekehrtem Maße mit der —M abnehmen. Die Dauer einer Schwingung muß daher bei gleicher Beschaffenheit und Spannung der Saite immer in gleichem Verhältnisse

mit dem Volumen derselben stehen, also bei gleicher Dicke mit ihrer Länge und bei gleicher Länge mit ihrer Dicke.

Die Spannung einer Saite besteht in ihrer Ausdehnung durch äußere Kraft, welche in gleicher Weise, wie die +M wirkt. Hiedurch wird nach § 15 a. E. zunächst die ±M gleichmäßig in Spannung versetzt, und diese bewirkt dann erst vermöge ihrer Herrschaft über die +M und —M in der Kohäsion, daß ein gleiches Maß der —M, welche die +M in den früheren Grenzen der Saite zurückhielt, gegen die äußere Kraft in Wirksamkeit tritt. Folge hievon ist, daß die Saite ihrer weiteren Ausdehnung stärkeren Widerstand leistet. Zieht man nun die Saite an, um sie in Schwingung zu versetzen, so hat man nicht bloß diesen stärkeren Widerstand zu überwinden, sondern die neue Ausdehnung ruft auch noch eine neue Spannung der ±M hervor. Der neuen Ausdehnung begegnet aber die ±M nicht mehr mit einem einfachen neuen Maße von —M, sondern das hinzukommende Maß der —M richtet sich jetzt nach der erhöhten Spannung der ±M. Es wächst also im quadratischen Verhältnisse mit der äußeren spannenden Kraft. — Die verschiedenen spannenden Kräfte lassen sich durch Gewichte messen. Bezeichnen wir diese mit p und P, und die verschiedenen, gegen sie in Wirksamkeit gesetzten Quantitäten —M mit q und Q, so ergibt sich folgende Proportion:

$$q^2 : Q^2 = p : P \text{ oder}$$
$$q : Q = \sqrt{p} : \sqrt{P}.$$

Da nun die Zeiten der Schwingungen (T und t), wie gezeigt, im umgekehrten Verhältnisse mit den Quantitäten der in Schwankung begriffenen —M stehen und nur das neu hinzugekommene Maß —M in die Schwankung eintritt, während das durch die dauernde Spannung der Saite in Wirksamkeit gesetzte bloß dazu dient, die Kohäsion der Saite in ihrer Spannung zu erhalten, so folgt:

$$T : t = \sqrt{p} : \sqrt{P}.$$

Eine Saite macht also in einer bestimmten Zeit 2, 3, 4 mal mehr Schwingungen, wenn das spannende Gewicht 4, 9, 16 fach vermehrt wird, wie auch die Erfahrungswissenschaft lehrt.

Ist die Länge und Dicke der Saiten gleich, sind sie auch gleich gespannt, aber ihrem Stoffe nach von ungleicher Dichtigkeit, so

wird doch durch die gleiche Spannung in ihnen nur eine gleiche Quantität —M und ±M in Wirksamkeit gesetzt. Je dichter aber die Saite wird, einen desto kleineren Theil bildet diese —M und ±M von der ganzen in der Saite mit der +M verbundenen —M und ±M. Die Spannung der ±M wird daher immer geringer, je mehr die Dichtigkeit der Saite zunimmt, und da sich die in Wirksamkeit gesetzte —M immer durch die Spannung der ±M multiplicirt, so muß erstere im quadratischen Verhältnisse mit der Dichtigkeit der Saite abnehmen. Bezeichnen wir also die verschiedenen Dichtigkeiten mit d und D, so ergibt sich die Proportion:

$$Q^2 : q^2 = d : D \text{ oder}$$
$$Q : q = \sqrt{d} : \sqrt{D}$$

und für die Zeiten der Schwingungen:

$$t : T = \sqrt{d} : \sqrt{D}.$$

Vergleicht man daher z. B. eine Darmsaite mit einer 9 mal dichteren Kupfersaite, so schwingt letztere bei gleicher Länge, Dicke und Spannung 3 mal langsamer als erstere, wie auch die Erfahrung bestätigt [1]).

β) Wärme.

AA. Das Wesen der Wärme.

§ 30.

Durch die Wärme werden alle Körper ausgedehnt, durch die Kälte zusammengezogen. Die wenigen Ausnahmen, bei welchen Körper ihr Volumen durch die Kälte vergrößern, sind nur scheinbare. Das Wasser hat z. B. seine größte Dichtigkeit nach Hallström bei 4,1° C. Von da an nimmt sein Volumen mit sinkender Temperatur zu, und das Eis ist noch mehr ausgedehnt, denn es schwimmt auf dem Wasser. Das Eis ist jedoch nur deshalb spezifisch leichter, weil es mit Luft ausgefüllte Zwischenräume enthält, und die Ausdehnung des Wassers unter 4,1° C. ist nur eine Folge der Spannung, welche seiner Krystallisation vorausgeht und bei der mit der Theilung der +M nach bestimmten Richtungen bereits die Zwischenräume sich zu bilden beginnen. In anderen Fällen hat die Verkleinerung des Volumens durch die

[1]) Pouillet Lehrb. der Physik u. Meteor. v. Müller 1842 Bd. II S. 43.

Wärme ihren Grund darin, daß durch diese Stoffe ausgeschieden werden, wie z. B. das Wasser aus dem zum Trocknen erwärmten Thone, oder daß dadurch eine chemische Verbindung bewirkt wird, welche den Stoff verdichtet.

Die Ausdehnung der Körper durch die Wärme ändert ferner niemals deren absolutes Gewicht. Auch dieser Satz hat keine wahre Ausnahme. Ein Stück Eisen, in atmosphärischer Luft bis zum Glühen erhitzt, wird zwar schwerer, aber nur, weil es den Sauerstoff aus der Luft an sich zieht und sich mit diesem verbindet. Sein Gewicht wächst genau um die Menge des aufgenommenen Sauerstoffes und wird, wenn man ihm diesen entzieht, wieder das frühere.

Da nach § 11 ein Stoff ohne Schwere unmöglich ist, folgt von selbst, daß die Wärme kein Stoff seyn kann. Unter den Kräften gibt es aber nach §. 7 und 25 keine andere, welche eine Ausdehnung zu bewirken vermöchte, als die +M. Die Wärme muß also in der +M ihren Grund haben. Insoweit die +M der ±M unterworfen und durch diese mit der −M verbunden ist, bildet sie einen Stoff und bestimmt durch ihre Quantität die Schwere desselben. Die Ursache der Wärme muß daher eine solche +M seyn, welche der ±M nicht unterworfen und nicht mit der −M verbunden, sondern mit beiden im Streite begriffen ist.

Bei dem zeitlichen Wirken der Grundkräfte (§ 28) muß in dem von den Produkten eingenommenen Raume zuerst die +M hervortreten (§ 8). Folge hievon ist, daß in dem Produkte, in welchem die +M hervortritt, die derselben durch die −M gesetzte Grenze dem veränderten Verhältnisse nicht mehr entspricht. Die vermehrte +M wird daher streben, diese Grenze zu erweitern. Insoweit es ihr gelingt, den Widerstand der −M und ±M zu überwinden, wird sie das Produkt weiter ausdehnen. Insoweit sie dagegen der Widerstand beider hindert, wird ihr Streben in einem Kampfe bestehen, welcher, wie sich uns zeigen wird, die Erscheinungen der Wärme hervorruft. Die Wärme ist daher die +M im Kampfe gegen die ihr von der ±M durch die −M gesetzte Schranke.

Würde die +M in der Natur allein vermehrt, so müßten

sich nach und nach alle Bestimmungen der räumlichen Produktion auflösen und durch endliche Befreiung der +M würde die ganze Schöpfung zu Grunde gehen. Es muß also gleichmäßig auch die —M zeitlich hervortreten und die Produkte einschränken oder, wo ihr dieses nicht gelingt, die entgegengesetzten Erscheinungen der Kälte hervorrufen. Man kann daher die +M das Prinzip der Wärme, die —M das Prinzip der Kälte nennen. Die —M tritt jedoch nicht gleichzeitig mit der +M und nur so weit hervor, als deren Übergewicht ihr Entgegenwirken erfordert. Beide stehen sich zwar noch gleichberechtigt, für den Zweck aber, welchen die Natur jetzt verfolgt, nicht mehr mit gleicher Bedeutung einander gegenüber. Die Wärme allein ist es, welche Alles zur Entwicklung treibt und die Kälte hat hiebei nur die Aufgabe, die Wirkungen der Wärme zu mäßigen. Wir werden daher bloß der Wärme eine besondere Betrachtung widmen.

BB. Wärmestrahlung.

§ 31.

Die Verbindung der +M und —M durch die ±M bewirkt, daß, wo immer die +M frei hervortritt, die —M ihr als Schranke entgegentreten muß, und daß alle Körper ihre Überschüsse an freier +M und —M an einander abgeben müssen, wodurch sich die Unterschiede ihrer Temperaturen gegenseitig ausgleichen. Der Austausch geschieht durch die Strahlung, welche wir nun abzuleiten haben.

Denken wir uns, die +M trete an einem Punkte im leeren Raume frei hervor, so muß sie sich gleichmäßig nach allen Richtungen verbreiten, also eine Kugel beschreiben, welche sich durch Entfernung ihrer Oberfläche vom Mittelpunkte fortwährend vergrößert. Ihre Wirkung vertheilt sich auf eine immer größere Fläche, und da die Oberflächen zweier Kugeln sich verhalten wie die Quadrate ihrer Radien, so folgt hieraus, daß die strahlende Wärme mit der Entfernung von ihrer Quelle im quadratischen Verhältnisse abnehmen muß.

Tritt nun der +M die —M entgegen, so können beide von der ±M nicht mehr räumlich (zu Stoffen), sondern nur noch zeitlich verbunden werden; denn die ±M hat die Raumerfüllung

bereits bestimmt und ihr Streben ist nur noch darauf gerichtet, die bisherigen Bestimmungen gegen die Schwankungen der +M und —M aufrecht zu erhalten. Auch hier gilt ferner der Satz, daß die dynamischen Einheiten für die ±M *untheilbar* sind (§ 8). Wenn also bei gleichförmiger Wärmestrahlung eine Einheit +M nach der andern hervortritt, kann die ±M mit jeder nur eine Einheit —M verbinden. Die —M muß ferner die +M in allen Richtungen gleichmäßig, also zu einer Kugel begrenzen, und zwar, da die Quantitäten beider gleich sind, zu einer solchen Kugel, deren Radius die Hälfte von dem Radius jener Kugel beträgt, welche die +M bei unbeschränkter Ausbreitung beschrieben hätte (§ 7). Die Begrenzung dauert jedoch nur solange, bis sie durch das Hinzukommen einer neu hervorgetretenen Einheit +M wieder aufgehoben wird. Während die hiedurch frei werdende —M sich als Schranke gegen diese 2. Einheit +M wendet, vollendet dann die 1. Einheit +M die 2. Hälfte ihres 1. Weges, verbreitet sich von hier aus weiter und wird nach zurückgelegter 1. Hälfte ihres 2. Weges von einer neuen, ihr entgegentretenden Einheit —M einer weiteren Begrenzung unterworfen, welche wieder nur solange dauert, bis sie durch eine hinzukommende 3. Einheit +M aufgehoben wird. Auf diese Weise setzt sich die Strahlung durch Ausbreitung und Begrenzung der +M in Form immer weiter von der Wärmequelle entfernter Kugelschalen solange fort, bis ihr ein Körper begegnet, in dem ihr die —M einen unüberwindlichen Widerstand entgegensetzt.

Die Wärme strahlt also *wellenförmig* in *Schwingungen*. Die +M schwingt von einer Grenze zur andern und ihr entgegen auf gleiche Weise die —M. Jede Welle theilt sich in zwei Hälften. In der einen Hälfte wird die +M durch die —M aufgehalten und zum Anschwellen gebracht, in der andern fließt sie nach durchbrochener Schranke aus ihrer Anschwellung in gleicher Zeit und gleichem Raume wieder ab. Der 1. Theil ist daher der *positive*, der 2. der *negative* zu nennen. Die +M strebt, sich nach *allen* Richtungen auszubreiten nicht bloß bei dem Ausflusse aus der Wärmequelle, sondern auch in *jedem* Punkte ihrer Strahlung. Da jedoch alle Theile in ihr von der Bewegung in der Hauptrichtung des Kugelradius beherrscht sind, kann sich dieses Streben

nur in einer Wirkung äußern, welche die einzelnen Theile *senkrecht* zum Kugelradius auf einander ausüben. Diese Wirkung muß sich bei jeder Begrenzung der +M im Strahle durch die Anschwellung vermehren und durch den Abfluß wieder vermindern. Die strahlende Wärme schwingt also nicht bloß in der Richtung der Kugelradien, sondern auch senkrecht hiezu. Die 1. Schwingungen gehen in die *Länge*, die 2. in die *Breite*. Jene bestimmen die *Schnelligkeit*, diese die *Intensität* des Strahles.

Bisher hatten wir nur den Fall einer *gleichmäßigen* Ausstrahlung der Wärme vor Augen. Betrachten wir nun den Fall, wenn die ausstrahlende Wärme sich *vermehrt*. Hier hat die ±M nicht bloß die +M zu beschränken, sondern nach den im § 8 abgeleiteten Gesetzen auch noch der Vermehrung derselben entgegenzutreten. Wenn also zu der Ausstrahlung von je 1 Einheit +M, womit sie bereits je 1 Einheit −M verbunden hat, eine 2. Reihe von Einheiten der +M hervortritt, wird sie sich nicht mehr damit begnügen, mit jeder solchen Einheit eine einzige Einheit −M zu verbinden, sondern jeder als Schranke 2 Einheiten, wenn eine 3. Reihe hervortritt, jeder 3 Einheiten −M u. s. f. entgegensetzen. Dadurch wird jede Einheit +M in der 2. Reihe nicht mehr, wie in der 1. auf $^1/_2$, sondern auf $^1/_3$ des Raumes begrenzt, welchen sie ohne Einschränkung beschrieben hätte, in der 3. Reihe auf $^1/_4$ u. s. w. Es entstehen also Kugelschalen von verschiedener Dicke. Neben den ursprünglichen Wellen treten immer kürzere hervor, und diese werden nach § 29 im Verhältnisse ihrer Verkürzung immer schneller. Da hiernach die kürzeren Wellen ebensoviel an Zeit gewinnen, als sie an Raum verlieren, müssen sie bei ihrer Ausbreitung mit den längeren Wellen gleichen Schritt halten.

Die Wärme ist ein Beweis des *Lebens* in der Natur, die sich steigernde Wärme eine Erscheinung *erhöhter* Lebensthätigkeit. Wie die erhöhte Thätigkeit des thierischen Lebens sich durch eine größere Schnelligkeit der Pulsschläge verräth, so beschleunigt auch die ±M die Schwingungen durch einen größeren Aufwand von −M, wenn sie ihre Gebilde durch die Zunahme der +M bedroht sieht, und wie der außerordentlich beschleunigte Puls des Fieberkranken die letzten Anstrengungen verräth, mit welcher der Orga-

nismus einer Auflösung der ihm unentbehrlichen Organe entgegenarbeitet, so zeigt sich auch die Anstrengung, welche es der ±M kostet, die Auflösung der von ihr am meisten geschützten Körper durch die +M zu verhindern, in einer erstaunlichen Schnelligkeit der Schwingungen, welche bis zu 800 Billionen in einer Sekunde anwachsen.

CC. Reflexion, Absorption und Transmission der Wärme.

§ 32.

Bei schrankenloser Verbreitung wäre die +M ein Alles verzehrendes Feuer. Sie würde in jeden Körper eindringen und alle Bande lösen, mit welchen die ±M die +M in den Stoffen gefesselt hält. Nach § 31 unterliegt jedoch die strahlende +M schon, *ehe* sie mit einem Körper zusammentrifft, einer Schranke, welche mit der Stärke ihrer Ausstrahlung anwächst. Nicht das ganze entfesselte Element, sondern immer nur eine bestimmte Summe dynamischer Einheiten ist es, welche mit den einzelnen Körpern in Berührung kommt, und jede solche Einheit hat einen mehr oder minder beschränkten Wirkungskreis, so daß es von dem Verhältnisse desselben zu der Verbindung der 3 M in jedem Körper abhängt, ob der Strahl von ihm *zurückgeworfen*, *verbraucht* oder *durchgelassen* wird.

Die ±M sucht den Wärmestrahlen den Eingang in die Körper zu verwehren, weil sie deren Individualität zu erhalten strebt. Sie vermag dieses um so mehr, je dichter und fester sie die +M in den Körpern gebunden hat. Solange nemlich die +M in diesen an ihrer Verbindung mit der —M festhält, kann sich die freie +M nicht mit ihr vereinigen, sondern muß sie, um ihre Bewegung im Strahle fortsetzen zu können, von ihrer Stelle drängen. Der mit jeder Welle sich wiederholende Anstoß setzt die Oberfläche des Körpers in Schwingungen, und insoweit hiebei der Strahl den Zusammenhang der Theile des Körpers nicht zu durchbrechen vermag, wird er von dessen +M *zurückgeworfen*.

Jeder Körper reflektirt daher einige Wärme, und zwar um so mehr, je schiefer ihre Strahlen auf seine Oberfläche fallen. *Flüchtige* Stoffe müssen wegen ihrer geringen Dichtigkeit und

mangelnder Kohäsion am wenigsten reflektiren, mehr schon Flüssigkeiten, deren größere Dichtigkeit mit einer Kohäsion, besonders an der Oberfläche (§ 14) zusammemtrifft, am meisten die festen Stoffe, besonders diejenigen, welche Kohäsion und Dichtigkeit im höchsten Maße vereinigen, nemlich die Metalle, und zwar auch diese wieder um so mehr, je glatter ihre Oberfläche ist, weil sich dadurch die Beweglichkeit ihrer Theile vermindert. Aus dem letzten Grunde steht das flüssige Queckfilber den festen Metallen nicht nach, weil in ihm der Mangel größerer Kohärenz durch eine vollkommene Glätte der Oberfläche ersetzt wird.

Dringt der Strahl in den Körper ein, so strebt seine +M sich von Welle zu Welle mit der des Körpers gegen dessen —M zu vereinigen. Dieses kann jedoch nur dann geschehen, wenn die Einheiten +M im Körper gemäß ihrer Lagerung und Einschränkung durch die —M mit den Wellenlängen im Strahle übereinstimmen. Die Räume beider müssen entweder einander gleich seyn oder in einem solchen Verhältnisse zu einander stehen, daß die Räume des Körpers in den Räumen des Strahles oder diese in jenen als ein Vielfaches enthalten sind. Im ersten Falle kann die +M jeder Welle ihre Wirkung mit einer Einheit +M des Körpers, im zweiten Falle mit mehreren solchen Einheiten und im dritten Falle kann die +M mehrerer Wellen ihre Wirkung mit je einer Einheit +M des Körpers vereinigen. In jedem andern Falle hindert die Untheilbarkeit der dynamischen Einheiten das Zusammenwirken gegen die —M des Körpers. Der Strahl durchdringt den Körper, ohne eine Wirkung in ihm hervorzubringen. Das Zusammentreffen der freien und gebundenen +M im gleichen Raume hat nur zur Folge, daß die Schnelligkeit des Strahles sich vermindert und seine Längenrichtung, wenn er die Oberfläche des Körpers unter einem schiefen Winkel trifft, dem Einfallslothe zu gebrochen wird, und nach seinem Austritte aus dem Körper pflanzt er sich ungeschwächt und mit der früheren Schnelligkeit, seine Richtung vom Einfallslothe abbeugend, wieder fort.

Vereinigt sich die +M des Strahles mit der +M des Körpers gegen dessen —M, so entsteht im Körper das Streben nach Ausdehnung. Sein Volumen war bisher durch die ±M

oder äußeren Druck bestimmt. Die vereinigte +M hat daher immer eines dieser Hindernisse zu überwinden, wenn die Ausdehnung wirklich zu Stande kommen soll, und wird dann als Wärme unfühlbar. Gelingt die Ueberwindung *nicht*, so bringt es die vereinigte +M nur zu einem Versuche der Ausdehnung, welcher zur Folge hat, daß der Körper durch eine Gegenwirkung der von der ±M oder der äußeren Druckkraft unterstützten −M wieder eingeschränkt wird, und zwar nicht bloß bis zu seinem ursprünglichen Volumen, sondern nach § 29 muß dieses jetzt von der −M um ebensoviel verkleinert werden, als es vorher von der +M vergrößert wurde. Der Verkleinerung folgt wieder eine Vergrößerung und dieser wieder eine Verkleinerung u. s. f. Der Körper wird also durch die absorbirte Wärme, insoweit sie ihn nicht auszudehnen vermag, in *Schwingungen* versetzt, welche mit der Quantität der ankämpfenden +M an Weite und Schnelligkeit zunehmen und solange fortdauern, bis der Körper die freie +M wieder verliert. In diesem Zustande wird jeder Körper fähig, Wärme auszustrahlen; denn bei jeder Schwingung vermag die −M nur die der ±M *unterworfene* +M im Körper zu binden, während die *freie* +M jede ihr gesetzte Schranke durchbricht und die Grenzen des Körpers überschreitet. Wir fühlen ihn daher als *warm*.

In *festen* Körpern bewirkt die absorbirte Wärme Ausdehnung und Temperaturerhöhung zugleich, und da nach *Dulong* und *Petit* ihre Ausdehnung nicht in gleichem Verhältnisse mit ihrer Temperatur, sondern rascher zunimmt, so zeigt sich darin, daß die Ueberwindung der ±M in ihnen bei steigender Erwärmung allmählig fortschreitet. Jeder feste Stoff hat eine bestimmte Temperatur, bei welcher er anfängt, zu *schmelzen*. Um ihn vollständig flüssig zu machen, bedarf es dann noch immer einer beträchtlichen Wärmezufuhr, welche nicht mehr seine Temperatur erhöht, sondern nur noch zur Ueberwindung der ±M verwendet wird. Diese sogen. „Schmelzwärme“ beträgt z. B. beim Eise 79,25 Wärmeeinheiten, d. h. um ein Kilogramm Eis in Wasser von 0° C. zu verwandeln, braucht man 79,25mal soviel Wärme, als nöthig ist, um die Temperatur von einem Kilogramm Wasser um 1° C. zu erhöhen.

Auch Flüssigkeiten dehnen sich bei steigender Temperatur um so rascher aus, je mehr sie sich dem Siedepunkte nähern. Der Siedepunkt ist für jede Flüssigkeit diejenige Temperatur, bei welcher die ±M in ihr durch die Wärme überwunden wird. Ueber ihn hinaus kann die Temperatur einer Flüssigkeit nicht gesteigert werden. Alle weiter zugeführte Wärme dient nur dazu, die Flüssigkeit in Dampf zu verwandeln, wobei die freie +M zur Ausdehnung des Stoffes verwendet wird und als Wärme verschwindet. Das Wasser z. B. geht bei 100° C. in Dampf über. Der Dampf hat aber dann nicht die gleiche Temperatur, sondern braucht, um dieselbe zu erlangen, noch 436 Wärmeeinheiten. Der Siedepunkt steigt bei jeder Flüssigkeit mit dem Drucke, welcher ihren Uebergang in Dampf hindert. Unter dem Drucke der Atmosphäre am Meeresufer siedet das Wasser erst bei 100° C., im Bernhardinerkloster auf dem St. Gotthard 8460′ über der Meeresfläche schon bei 92° C., bei starker Verdünnung der Luft in einer Luftpumpe schon bei 30° C. Die Luft hindert die Dampfbildung nur durch ihren Druck auf die Flüssigkeit, wodurch sie den im Innern derselben entstehenden Dampfblasen nicht den erforderlichen Raum gestattet. Sie drückt dagegen nicht unmittelbar auf die Dämpfe, wenn sich diese einmal über die Oberfläche der Flüssigkeit erhoben haben, weil sie sich in ihr verbreiten. Sie hindert also auch die Flüssigkeit nicht, in ihrer Oberfläche in Dampf überzugehen. Hier verdünstet daher jede Flüssigkeit beständig bei jeder, auch der geringsten Wärme. Ebenso wie der Luftdruck wirkt die Verbindung der Flüssigkeit mit anderen Stoffen durch die ±M, welche durch die Wärme überwunden werden muß. Der Siedepunkt des Wassers erhöht sich z. B. durch die Auflösung von Salzen nach dem Verhältnisse des Salzgehaltes. Bei einer chemischen Verbindung vermehrt sich, wie wir sehen werden, immer die ±M. Hieraus erklärt sich die Entdeckung Kopp's, daß in einer Reihe von Flüssigkeiten, welche sich nach ihren Bestandtheilen als eine Stufenfolge fortgesetzter chemischer Verbindungen darstellen, der Siedepunkt mit jeder neuen Verbindung um die gleichen Unterschiede steigt. So ist z. B. der Siedepunkt für Ameisensäure ($CH_2 O_2$) 100°, für Essigsäure ($C_2 H_4 O_2$) 119°, für Propionsäure ($C_3 H_6 O_2$) 140°, für Buttersäure ($C_4 H_8 O_2$) 162°, für

Valerianſäure ($C_5 H_{10} O_2$) 175°, für Capronſäure ($C_6 H_{12} O_2$) 198°, für Oenanthylſäure ($C_7 H_{14} O_2$) 219°. In dieſen Zahlen zeigt ſich ziemlich genau ein Fortſchreiten in folgender Weiſe:

$$\begin{aligned} 100 &= 100 \\ 119 &= 100 + 19{,}5 \\ 140 &= 100 + 2 \times 19{,}5 \\ 162 &= 100 + 3 \times 19{,}5 \\ 175 &= 100 + 4 \times 19{,}5 \\ 198 &= 100 + 5 \times 19{,}5 \\ 219 &= 100 + 6 \times 19{,}5, \end{aligned}$$

ſo daß jedem Unterſchiede in der Zuſammenſetzung von CH_2 ein Temperaturunterſchied von 19,5° entſpricht. Ein ähnliches Verhältniß fand Kopp auch bei den Alkohol- und Ätherarten.

In den flüchtigen Stoffen hat die abſorbirte Wärme gewöhnlich nur mit äußerem Drucke zu kämpfen. Hindert dieſer die Ausdehnung, ſo wächſt ihre Temperatur mit der Spannkraft, welche ſie dem Drucke entgegenſetzen. Geſtattet man ihnen aber eine Ausdehnung in der Art, daß man den Druck bei geſteigerter Erwärmung durch fortgeſetzte Regulirung konſtant erhält, ſo zeigt ſich in der Zunahme ihrer Ausdehnung eine große Regelmäßigkeit. Nach Gay-Luſſac, Dulong und Petit ſollten ſich unter dieſen Umſtänden alle flüchtigen Stoffe bei jeder Erhöhung ihrer Temperatur um 1° C. gleichförmig um 0,00375 ihres Volumens ausdehnen. Neuere Phyſiker fanden den Bruchtheil kleiner und zugleich Abweichungen in der Gleichförmigkeit der Ausdehnung, welche mit jenen vom mariotteſchen Geſetze (§ 13) zuſammenhängen. Diejenigen Gaſe, welche ſich bei ſteigendem Drucke raſcher zuſammenziehen, dehnen ſich bei gleicher Temperaturerhöhung im nemlichen Maße ſtärker aus. Regnault verglich die Dichtigkeit der Gaſe mit der Zunahme ihrer Ausdehnung und kam hiedurch zu dem Schluſſe, daß bei einer gewiſſen Verdünnung alle Gaſe gleiche Ausdehnungscoeffizienten annehmen. Denkt man ſich auch die ſogenannten permanenten Gaſe zu Flüſſigkeiten kondenſirbar, und nur weiter von dem Punkte des Flüſſigwerdens entfernt, als die übrigen, ſo ſtimmen die Erſcheinungen aller flüchtigen Stoffe dahin unter ſich überein, daß auch in ihnen, wenn ſie ſich dem Kondenſationspunkte nähern, die $\pm M$ ihren Einfluß bemerkbar macht, indem ſie die

Verkleinerung des Volumens beschleunigt [1]). Kann sich der einer Flüssigkeit entsteigende Dampf nur in einem beschränkten Raume ausdehnen, so hängt es von der Wärme ab, wieviel von der Flüssigkeit sich in Dampf verwandelt. Bei jeder Dampfart ist die Dichtigkeit, mit welcher sie einen Raum zu erfüllen vermag, an eine bestimmte Temperatur gebunden. Daß die Dampfbildung bloß durch den Druck des bereits gebildeten Dampfes gehemmt werde, läßt sich nicht annehmen. Denn wenn man den nemlichen Raum mit Dämpfen aus anderen Flüssigkeiten oder mit atmosphärischer Luft füllt, so vermindert sich dadurch die Dampfbildung nicht, obwohl die Spannkraft jedes Dampfes durch jede Mischung mit einem anderen flüchtigen Stoffe im selben Raume sich erhöht. Der Grund, warum ein Dampf bei einer bestimmten Temperatur eine bestimmte Dichtigkeit nicht überschreiten kann, liegt vielmehr darin, daß die +M von der ±M überwunden wird, wenn sich mit der —M ein bestimmter äußerer Druck verbindet und nicht die +M durch höhere Wärme eine Unterstützung erhält, und das Hinzukommen anderer Gase oder Dämpfe ist aber hiebei deshalb ohne Belang, weil die Wirkung der ±M sich immer nur auf denselben Stoff erstreckt.

DD. Wärmequellen.

§ 33.

Jeder Körper kann nach § 32 durch Erregung zur Wärmequelle werden, wenn sich äußere +M mit der seinigen vereinigt. Die gleiche Erregung findet Statt, wenn seine +M durch äußere +M oder die ±M auf einen kleineren Raum beschränkt wird. Jede solche Verdichtung eines Stoffes ist daher mit Wärmewirkung verbunden. Ein gespannter Draht, plötzlich abgeschnitten, wird, indem er sich zusammenzieht, warm. Während des Ausdehnens wird er kälter. Jeder flüchtige Stoff wird durch Zusammendrücken erwärmt, durch Ausdehnung erkältet. Gay-Lussac ließ stark verdichtete Luft aus einem Ballon in einen andern, vorher luftleer gepumpten Ballon überströmen und bemerkte hiebei, daß die

[1]) Müllner: „Lehrb. der Experim. Physik" III. Aufl. 1870—71 Bd. III S. 624 vgl. 99. — Scholz a. a. O. S. 474.

Temperatur in dem 2. um ebensoviel stieg, als sie in dem 1. sank. Durch Hammerschläge wird das Eisen, während es sich verdichtet, bis zum Glühen erhitzt. Wenn sich das Wasser mit gebranntem Kalk verbindet, erzeugt es durch seine Verdichtung eine Hitze von 150° C.

Jede Wärmeerregung von *außen* setzt schon Wärme voraus. Denn sie kann nur entstehen durch Mittheilung der Wärme oder Verdichtung und die Verdichtung darf nicht bloß durch —M verursacht werden, weil hiebei die +M aufgehoben würde und dann nicht mehr als Wärme wirken könnte, sondern sie muß ihre Ursachen in äußerer +M oder der ±M haben. Eine solche Verdichtung ist aber unmöglich ohne eine durch +M verursachte *Bewegung*, und die +M kann nicht Bewegungsursache werden, wenn sie nicht als freie Grundkraft an einem Körper hervortritt und in diesem Wärme erregt. Es muß also eine *ursprüngliche* Wärme geben, welche der Grund nicht bloß aller abgeleiteten Wärme, sondern auch aller Bewegung in der Natur ist. Die ursprüngliche Wärme muß, weil das zeitliche Wirken der 3 M eine Fortsetzung der räumlichen Produktion bildet (§ 28), den Verhältnissen der Produkte entsprechen, sohin zunächst an den Weltkörpern und im Planetensystem vor Allem an dem massereichsten Körper, der *Sonne*, hervortreten. Die Erde erhält von der Sonne in jeder Minute 2247 Billionen Wärmeeinheiten oder, wie *Pouillet* berechnete, jährlich soviel Wärme, daß dadurch eine die ganze Erde umgebende 30 Meter dicke Eisschichte geschmolzen werden könnte. Der Antheil, welchen die Erde von der ganzen, der Sonne entstrahlenden Wärme empfängt, beträgt aber nur $^1/_{2800,000000}$. Wie groß muß also die Wärme seyn, welche in der Sonne fortwährend neu entsteht! — Ein auf chemischem Wege erzeugtes Feuer kann die Ursache dieser Wärmeentwicklung nicht seyn. Man berechnete, daß, wenn die ganze Sonne aus irdischem Brennmaterial, z. B. Kohle, bestünde, nur 4600 Jahre lang ein solcher Wärmeaufwand hieraus bestritten werden könnte.[1]) Man warf daher die Frage auf, woher die Sonne einen Ersatz für die von ihr beständig abgegebene Wärme erhält.

[1]) *Littrow*: „Die Wunder des Himmels" V Aufl. 1866 S. 329.

Newton, welcher in der Ausstrahlung von Licht und Wärme einen Stoffverlust erblickte, ließ die Sonne durch angezogene Kometen gefüttert werden. — J. R. Mayer, der Urheber der mechanischen Wärmetheorie, suchte die Entstehung der Sonnenwärme aus den Wirkungen des Stoßes zu erklären. Er denkt sich den Weltraum um die Sonne mit meteorartigen Körpern erfüllt, welche sich wie die Planeten um die Sonne bewegen, aber, indem sie ihre Bahnen beständig verkürzen, der Sonne immer näher rücken, bis sie in dieselbe stürzen und durch ihren mit großer Schnelligkeit erfolgenden Stoß auf den Sonnenkörper diesen erhitzen. Nun ist es allerdings nicht unwahrscheinlich, daß außer den Planeten auch noch eine Menge kleinerer Körper sich um die Sonne bewegen. Hiefür spricht nicht bloß die Häufigkeit der Meteoritenfälle auf der Erde, sondern auch die Entdeckung der Asteroiden, welche gewissermaßen einen Uebergang von den Meteorkörpern zu den Planeten bilden. Es mag auch seyn, daß solche kleine Körper auf die Sonne fallen und deren Wärme erhöhen. Die ursprüngliche Entstehung der Sonnenwärme läßt sich aber auf diese Weise gewiß nicht erklären. Denn abgesehen davon, daß durch den Meteoritenfall, wenn er die alleinige Ursache derselben wäre, die Sonnenmasse in kurzer Zeit so vermehrt würde, daß dieses nicht ohne Rückwirkung auf die Umlaufszeit der Planeten seyn könnte[2]), müßte auch die Ausstrahlung der Wärme, wenn deren Erregung von dem zufälligen Zusammentreffen der Sonne mit Körpern abhinge, die ihr bald in reichlicher, bald in spärlicher Masse begegnen, großartigen Veränderungen unterliegen, wodurch der Fortbestand des organischen Lebens auf der Erde in Frage gestellt würde. Wäre aber der Sturz der Meteoriten auf die Sonne ein gleichmäßiger, dann müßten diese in einer entsprechenden Ordnung vertheilt sich um die Sonne bewegen. Ihre Ordnung müßte durch eine von der Sonne aus wirkende Ursache bestimmt seyn und wäre ohne schon vorhandene Wärme derselben nicht zu erklären.

Helmholtz suchte den Grund sowohl für die Entstehung als für die Fortdauer der Sonnenwärme in einer fortgesetzten Kontraktion der Sonne, und berechnete, daß eine Kontraktion, wo-

[2]) Littrow, a. a. O. S. 334. — Secchi: „Die Sonne", übers. von Schellen 1872 S. 593. — Mayer erkennt dieses selbst an a. a. O. S. 189.

durch sich ihr Durchmesser nur um $^1/_{10,000}$ vermindert, schon hinreicht, die Erzeugung ihrer Wärme auf 2100 Jahre zu erklären. Die Verkleinerung, welche der Sonnenkörper erleiden würde, wäre hienach nicht so bedeutend, daß sie in 10,000 Jahren bemerklich würde. Da die Oberfläche der Sonne fluthend und in beständigen Erhebungen und Senkungen begriffen ist, kann der scheinbare Durchmesser derselben ohnehin nicht genau gemessen werden. Die Frage ist nur noch, *was* die fortgesetzte Kontraktion der Sonne *bewirkt*. Helmholtz antwortet: die Schwere und definirt diese als „allgemeine Anziehungskraft aller Materie zu einander".[3]) Allein wenn wir auch keine Erklärung darüber verlangen, warum sich alle Materie anzieht, so müssen wir doch wenigstens fragen, woher es kommt, daß die Materie, welche vermöge dieser Anziehung strebt, einen kleineren Raum einzunehmen, diesen kleineren Raum nicht schon *ursprünglich* einnahm. Mögen wir uns die Entstehung der Sonne mit einem größeren Volumen denken, wie wir wollen, so können wir es nicht ohne eine Kraft, welche der Anziehung *entgegenwirkte* und die Verdichtung, welche die Materie gemäß dieser Anziehung hätte annehmen müssen, *verhinderte*. Warum wirkt *jetzt* diese Kraft der Anziehung nicht mehr oder immer weniger entgegen? — Nach unserer Erklärung reduzirt sich das Problem der ursprünglichen Wärme auf die Frage: Wie entsteht ursprüngliche *Expansion*? und diese Frage haben wir beantwortet. Nach Helmholtz hätten wir zu fragen: Wie entsteht ursprüngliche *Kontraktion*? Diese Frage ist mit der Anziehung, welche sich ursprünglich mit einer entgegengesetzten Kraft im Gleichgewichte befindet, offenbar *nicht* beantwortet. Helmholtz hat darum die ursprüngliche Wärme nicht erklärt, sondern die Erklärung durch seine Hypothese nur hinausgeschoben.

Auch die Erde hat eine *eigene* Wärme, wie aus dem Steigen der Temperatur und dem Verschwinden der mit dem Wechsel der Tages- und Jahreszeiten verbundenen Temperaturunterschiede bei dem Eindringen in den Erdkörper, dann aus den vulkanischen

[3]) *Helmholtz* über die Wechselwirkung der Naturkräfte S. 25.

Eruptionen desselben hervorgeht[4]), und diese Wärme kann nicht minder als die der Sonne eine ursprüngliche genannt werden. Sie würde jedoch nicht ausreichen, das organische Leben auf der Erde hervorzubringen und zu erhalten.

Hat man einmal die Entstehung der ursprünglichen Wärme durch das freie Hervortreten der +M als Grundkraft begriffen, dann bedarf ihre fortdauernde Entwicklung keiner weiteren Erklärung. Die Schwere, mit welcher die Sonne alle Körper des Planetensystems fortwährend an sich zieht, beruht gleichfalls auf dem freien Hervortreten einer Grundkraft. Auch hier könnte man fragen, woher es kommt, daß die Sonne immer dieselbe Kraft aufwendet, ohne von Zeit zu Zeit wie ein müder Zuggaul einer Stärkung zu bedürfen. Mag die Schwerewirkung weniger befremden, weil sie in dem Falle eines jeden Körpers hervortritt, sie ist darum nicht leichter zu begreifen als die Entstehung der ursprünglichen Wärme.

γ) Licht.

AA. Unzulänglichkeit der bisherigen Begriffsbestimmungen.

§ 34.

Die Lehrer der empirischen Naturwissenschaft bekennen allgemein, daß ihnen das Wesen des Lichts unbegreiflich sey. Die mechanischen und atomistischen Vorstellungen, welchen sie huldigen, gestatten ihnen auch keine solche Begriffsbestimmung, mit welcher sie sich nicht bei Erklärung der einzelnen Erscheinungen des Lichtes in Widersprüche verwickeln würden.

Bisher wußte man das Licht nicht anders zu definiren, als, es sey „die Ursache der Helle" oder „dasjenige, was auf unseren Gesichtssinn wirkt" und „die Dinge sichtbar macht". Diese Definitionen erklären das Licht nicht, sondern suchen es nur nach seinen Wirkungen zu bezeichnen. Aber selbst diese Bezeichnung paßt nicht zu allen Erscheinungen des Lichts.

Läßt man weißes Sonnenlicht auf ein Glasprisma und nach seinem Durchgange durch dieses auf eine weiße Wand fallen, so zeigt sich hier ein Lichtbild, welches nicht bloß durch ungleiche

[4]) Jolly: „Über die Wärmequellen der Erde" in den „Wissenschaftlichen Vorträgen" zu München 1858 S. 513.

Brechung in die Länge gezogen, sondern zugleich auch mit den prachtvollen Farben des Regenbogens geschmückt ist. Jeder Lichtstrahl erscheint nun in eine Menge Strahlen von verschiedener Brechbarkeit zertheilt. Die Strahlen der rothen Farbe haben die geringste, die der violetten Farbe haben die größte Brechung erlitten. Vergleicht man die verschiedenen Strahlen nach ihren Wirkungen, so zeigt sich, daß die erwärmende Wirkung von den violetten Strahlen bis zu den rothen wächst und außerhalb den rothen ihr Maximum erreicht, und daß die chemische Wirkung umgekehrt gegen die violette Farbe zu sich vermehrt und eine Strecke weit außerhalb derselben ihr Maximum erreicht. Das Licht muß also noch Strahlen von geringerer Brechbarkeit als die rothen und von stärkerer Brechbarkeit als die violetten enthalten, welche die größte erwärmende und chemische Wirkung hervorbringen, ohne zu leuchten. In der Physik rechnet man auch diese Strahlen noch zum Lichte. Es gäbe also hienach auch ein Licht, welches keine Helle verursacht, nicht auf unseren Gesichtssinn wirkt und nichts sichtbar macht. Die Interferenz des Lichtes scheint sogar zu beweisen, daß das Licht bisweilen Helle vernichtet und Finsterniß bewirkt. Wenn nemlich Lichtstrahlen aus einer Quelle nach Zurücklegung ungleicher Wege mit bestimmten Unterschieden unter kleinen Winkeln zusammenkommen, ist die Folge davon, daß sie ihre leuchtende Kraft gegenseitig aufheben. — Die Physik weiß also dasjenige, was sie sich im Allgemeinen unter dem Lichte denkt, gar nicht einmal zu bezeichnen.

Um das Licht überhaupt denken zu können, muß man sich von seinem Wesen eine bestimmte Vorstellung bilden, welche man dann der Erklärung der verschiedenen Lichterscheinungen zu Grunde legt. Newton hielt das Licht für einen aus der Lichtquelle fließenden Stoff. Hiegegen ergaben sich jedoch die gewichtigsten Bedenken.

Römer berechnete aus den Unterschieden der Zeiten bei den Beobachtungen der Verfinsterungen der Jupitermonde in der Konjunktion und Opposition die Schnelligkeit des Lichtes auf 41,900 Meilen in 1 Sekunde, und hiemit stimmen auch die neueren Beobachtungen, welche Fizeau mit einer zur Messung der Lichtgeschwindigkeit eingerichteten Maschine anstellte, so ziemlich überein.

Denken wir uns nun einen Strom von was immer für einer Flüssigkeit mit dieser furchtbaren Schnelligkeit dahinfahrend. Würde er nicht Alles vernichten, was ihm in den Weg kommt? Die Wirkung, welche ein Körper durch seine Bewegung hervorbringt, berechnet sich durch Multiplikation seiner Masse mit seiner Schnelligkeit. Ein Schrotkorn von 1 bis 2 Gran, mit der Schnelligkeit eines Büchsenschusses abgefeuert, kann einen Menschen durchbohren. Nun bewegt sich das Licht $1^1/_2$ Millionen mal schneller. Wäre also die Masse eines Lichttheilchens $1^1/_2$ Millionen mal geringer als die eines solchen Schrotkornes, so müßte es eine gleiche Wirkung hervorbringen. Das Licht strömt aber den ganzen Tag lang in unsere Augen, ohne daß wir an diesen empfindlichen Organen den geringsten Nachtheil erleiden.

Durch den feinsten Nadelstich in einem Blatte Papier können wir, wenn wir es nahe an das Auge halten, eine ganze Gegend überblicken. Von allen Punkten derselben strömt hiebei Licht in unser Auge. Wie kömmt es, daß die unendlich vielen Lichtstrahlen, welche alle durch das kleine Loch im Papier strömen müssen, sich nicht stören und einander den Weg versperren? Newton berief sich darauf, daß jeder Lichteindruck nach seinem Aufhören noch wenigstens $^1/_{10}$ Sekunde lang in unserem Auge fortwirkt, und daß es daher zur Hervorbringung einer Lichterscheinung genüge, wenn die einzelnen Lichttheilchen eines Strahles nur in Abständen von 4200 Meilen aufeinander folgen. Allein welch' sonderbarer Zufall, daß dann die Lichttheilchen der verschiedenen Strahlen ungeachtet der Verschiedenheit ihrer Wegelängen und der Richtungen, in welchen sich die Lichtstrahlen durchkreuzen, alle unter sich eine solche Ordnung einhalten, daß nicht bisweilen doch eine größere Anzahl zusammentrifft und dadurch ihre Bewegung gestört wird!

Die Widersprüche, in welche man sich mit der Annahme eines Lichtstoffes verwickelte, haben die Physik schon längst dazu genöthiget, die Emanationstheorie Newtons aufzugeben und dafür die von Huyghens und Euler eingeführte und von Young und Fresnel ausgebildete Undulationstheorie anzunehmen. Diese gründet ihren Begriff vom Lichte auf eine wellenförmige Bewegung, welche von dem leuchtenden Gegenstande ausgeht und bis zu unserem Auge sich fortpflanzt. Nun wußte man aber nicht, wie man sich

eine Bewegung ohne Bewegtes vorstellen sollte, und das Bewegte? — Was sollte es anders seyn, als ein Stoff? — Man erfand daher einen solchen von äußerster Feinheit, so daß er alle Körper mit der nemlichen Leichtigkeit durchdringt, mit welcher (nach dem Ausdrucke Young's) der Wind durch das Laub eines Baumes geht, und nannte ihn „Äther". — Auch die Undulationstheorie betrachtet also das Licht als einen sich bewegenden Stoff. Sie unterscheidet sich von der Emanationstheorie bloß dadurch, daß in ihr nur die Wellen fortschreiten, die Stofftheile aber immer nur in einer Welle an der Bewegung Theil nehmen und nach jeder Schwingung wieder an ihre ursprüngliche Stelle zurückkehren, während nach der Emanationstheorie die Stofftheile selbst den Weg des Lichtes zurücklegen. — Allein auch mit der Wellenbewegung des Aethers begegnete man neuen Schwierigkeiten.

Um die Strahlung des Lichtes im Weltraume erklären zu können, mußte man sich denselben mit Aether erfüllt denken. Aber wenn die Weltkörper sich ihre Bahn durch einen mit Stoff erfüllten Raum brechen müssen, sollte man meinen, daß ihre Bewegung dadurch gehemmt werde. Die Feinheit des Aethers berechtiget nur zu dem Schlusse, daß sein Hinderniß ein geringeres und in längerer Zeit wirksames sey. Die Hemmung müßte bei den Planeten eine Verzögerung ihres Umlaufes und eine Verkürzung der langen Axen ihrer Bahnen zur Folge haben. Von einer solchen Aenderung vermochten die Astronomen bisher noch keine Spur zu entdecken. Laplace bewies vielmehr, daß die Umlaufszeit der Erde sich seit Hipparchs Zeiten nicht um $^1/_{100}$ Sekunde vermindert habe. Wohl fand sich, daß der Enke'sche Komet seine Bahn von einem Umlaufe zum andern regelmäßig verkürzt, und man glaubte die Ursache hievon sowie von der Theilung des Biela'schen Kometen im Jahre 1846 in einem Widerstande des Äthers suchen zu sollen. Ein Stoff kann jedoch der Bewegung eines Körpers nur soweit einen Widerstand entgegensetzen, als er den Körper nicht zu durchdringen vermag. Wenn die Planeten ihrer größeren Dichtigkeit wegen einerseits sich mehr dazu eignen, den Widerstand des Äthers zu überwinden, so müssen sie dem Eindringen desselben anderseits auch mehr Hindernisse entgegensetzen als die aus Dunst

und Nebel bestehenden Kometen. Es ist daher nicht wohl zu begreifen, warum der Widerstand des Äthers auf diese eine so große und auf jene gar keine merkliche Wirkung hervorbringen sollte.

Eine weitere Schwierigkeit ergab sich durch die sog. Polarisation des Lichtes. Fällt nemlich ein Lichtstrahl auf eine Glasplatte mit einer Neigung von 35° 25′, so wird er theilweise reflektirt und theilweise durchgelassen. Fängt man den reflektirten Strahl mit einer zweiten Glasplatte auf, welche der ersten parallel gestellt ist, so wird er von dieser wieder reflektirt. Diese Reflexion erfolgt auch, wenn man die zweite Glasplatte, ohne ihre Neigung gegen den Strahl zu ändern, um 180° dreht. In beiden Fällen ist. die Einfallsebene zu beiden Platten dieselbe. Dreht man aber die Platte um 90° oder 270°, so daß die Einfallsebenen zu beiden Platten senkrecht auf einander stehen, so wird der Lichtstrahl von ihr nicht mehr reflektirt, sondern durchgelassen oder, wenn sie undurchsichtig ist, absorbirt. Der Lichtstrahl hat also durch die erste Reflexion die Eigenschaft erlangt, daß er von einer andern Glasplatte unter dem nemlichen Winkel nur dann reflektirt werden kann, wenn die Einfallsebene mit der vorigen zusammenfällt. Der durch die erste Glasplatte gegangene Strahl zeigt die entgegengesetzte Eigenschaft. Er durchdringt eine zweite Glasplatte, wenn sie mit der ersten parallel gestellt oder um 180° gedreht ist, und wird reflektirt, wenn sie um 90° oder 270° gedreht ist. Beide Lichtstrahlen, der von der ersten Platte reflektirte und durchgelassene, sind also, wie man zu sagen pflegt, rechtwinklig zu einander polarisirt. Die nemliche Erscheinung erhält man auch, und zwar vollständiger, wenn man einen Lichtstrahl durch einen Kalkspathkrystall oder durch eine aus einem solchen Krystall geschnittene Platte in senkrechter oder schiefer Richtung zur Hauptaxe gehen läßt. Der Strahl theilt sich dann in zwei Strahlen, von welchen der eine, auf gewöhnliche Weise gebrochen, in einer zum Hauptschnitte des Krystalles parallelen Ebene, der andere, ungewöhnlich gebrochen, in einer hiezu senkrechten Ebene polarisirt wird. Zur Erklärung der Polarisationserscheinungen nahm man an, daß das Licht zweierlei Schwingungen mache, nemlich in der Richtung seiner Fortpflanzung

(Longitudinaroscillationen) und senkrecht hiezu (Transversaloscillationen). Das polarisirte Licht sollte sich nun von dem unpolarisirten dadurch unterscheiden, daß bei jenem die Transversaloscillationen nur nach einer Richtung, bei diesem dagegen nach verschiedenen Richtungen stattfinden. Die Verschiedenheiten ihrer Richtungen denkt man sich entweder als eine unregelmäßige, bei welcher die Ätherтheilchen in Folge zufälligen Einflusses der Lichtquelle nach allen möglichen Richtungen von der geraden Linie der Fortsetzung des Strahles abweichen [1]), oder als eine regelmäßige in der Art, daß jedes Ätherтheilchen nach einer bestimmten Richtung schwingt, welche sich fortwährend ändert und nach und nach alle Azimuthe durchläuft [2]). Nun können aber die Schwingungen der zu einem Lichtbündel vereinigten Strahlen in keinem Falle so gedacht werden, daß die in der Länge parallel neben einander sich bewegenden Ätherтheilchen transversal von einander abweichend sich bewegen, weil sie sich dadurch in ihrer Bewegung hindern würden. Die Bewegung der Ätherтheilchen muß daher wenigstens gruppenweise als eine gleichförmige gedacht werden [3]). Dann wäre aber im Falle des unregelmäßigen Schwingens nach verschiedenen Richtungen die Interferenz des unpolarisirten Lichtes kaum zu erklären. Denn dann wäre es nur ein außerordentlicher Zufall, wenn bei dem Zusammentreffen zweier Strahlen auf ungleichen Wegen ihre Schwingungen sich gerade in denselben Richtungen begegnen würden [4]). Im Falle einer regelmäßigen Aenderung der Schwingungen durch alle Azimuthe hätte man zu erklären, wodurch diese bewirkt wird. Aus einer Bewegung der Lichtquelle können die Transversaloscillationen überhaupt nicht wohl abgeleitet werden. Denn mag man sich auch die Erschütterung des Äthers durch dieselbe in der Art vorstellen, daß hiebei die Stöße auf die sogen. Ätheratome in der nächsten

---

[1]) Graham-Otto: „Ausführliches Lehrb. der Chemie" 1857 Bd. I S. 411.

[2]) Wüllner a. a. O. Bd. II S. 429. — Beer: „Einleitung in die höhere Optik" 1853 S. 149.

[3]) Beer a. a. O.

[4]) Stefan in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie Jahrg. 1864 Bd. 50 II. Abth. S. 380.

Umgebung nicht immer gerade gegen ihren Mittelpunkt, sondern auch in schiefer Richtung erfolgen, so müßten doch die dadurch entstehenden Seitenbewegungen, wie schon Poisson[5]) nach den Gesetzen der Bewegung elastischer Flüssigkeiten bewies, bei weiterer Ausbreitung der Wellen immer unmerklicher werden und sich in der Hauptbewegung nach der Länge verlieren. Fresnel bewies zwar in seiner Antwort hierauf[6]) aus der Thatsache der Polarisation des Lichtes die Nothwendigkeit der Annahme transversaler Schwingungen. Die Möglichkeit, wie sich diese Schwingungen im Lichte zugleich mit den Longitudinaroscillationen in die weiteste Ferne fortsetzen können, vermochte er aber nicht zu erklären. In der Physik sucht man die Verbindung beider Arten von Schwingungen gewöhnlich durch die Analogie eines gespannten Seiles begreiflich zu machen, welches durch einen Stoß in senkrechter Richtung an dem einen Ende in seitliche Schwingungen versetzt wird und an dem sich dann diese Schwingungen die ganze Länge hindurch fortsetzen[7]). Allein das Seil setzt die seitlichen Schwingungen nur durch seine Kohäsion fort. Bei einem flüssigen Stoffe, dessen Theile unter einander frei beweglich sind, kann ein solcher Vorgang nicht stattfinden[8]). Wollte man also die Transversaloscillationen auf diese Art erklären, so würde dadurch der Äther, den man sonst als das allerfeinste Fluidum zu betrachten pflegt, in einen festen Körper verwandelt. Wollte man ferner annehmen, daß jedes Ätheratom eine bestimmte Lage habe, in welche es, wenn es daraus gebracht wird, wieder zurückstrebt, so könnte jedem Atome seine Lage nur durch sein Verhältniß zu den übrigen Atomen bestimmt seyn. Dann müßte aber jede Bewegung eines Atomes auch auf die übrigen Atome Einfluß haben und auch diese mehr oder minder aus ihrer Lage bringen. Es könnte sich kein Lichtstrahl mehr für sich allein bewegen, sondern jeder würde zugleich die ganze ihn umgebende Äthermasse übereinstimmend mit

---

[5]) Annales de Chimie et de physique par Gay-Lussac et Arago 1823 Tom. 22 pag. 250.

[6]) L. c. Tom. 23 pag. 113.

[7]) Herschel: „Vom Licht", übers. v. Schmidt 1831 S. 538.

[8]) Müllner a. a. O. Bd. I S. 528 Bd. II S. 112.

seinen Schwingungen in Bewegung setzen. Dann würden wir aber keinen leuchtenden Gegenstand mehr unterscheiden können, sondern statt seiner immer nur eine allgemeine Helle wahrnehmen.

BB. Wesen des Lichtes.

§. 35.

Die von der empirischen Wissenschaft gebildeten Begriffe über das Licht haben alle den Fehler, daß sie auf die Vorstellung des Stoffes gebaut sind. Die richtige Begriffsbestimmung erfordert jedoch, daß wir uns dieser Vorstellung gänzlich entschlagen und den Gedanken des Wirkens reiner Grundkräfte allein festhalten.

Das Wesen des Lichtes besteht im Leuchten. Es gibt kein nicht leuchtendes Licht. Die bei der prismatischen Zerstreuung des Lichtes vorkommenden unsichtbaren Strahlen außerhalb des Roth und Violett sind eben keine Lichtstrahlen, sondern verschiedene Arten von Strahlen einer und der nemlichen Grundkraft, welche nicht bloß Licht, sondern auch Wärme und chemische Wirkungen hervorzubringen im Stande ist. Zum Leuchten gehört ferner auch eine Vorstellung vom Lichte. Das Licht bewirkt nicht erst, daß es gesehen wird, sondern es besteht selbst in dem Gesehenwerden. Das Wesen des Lichtes läßt sich also nur durch das erklären, was zugleich sein Gesehenwerden erklärt. Die +M ist allein dasjenige in der Natur, was uns unmittelbar sichtbar werden muß, weil sie Eines und das Nemliche mit unserer positiven Denkthätigkeit ist. In ihr finden wir das Licht, welches uns Alles erleuchtet, weil sie unser eigenes Licht ist, wodurch sich auch unser Denken erleuchtet. Das Licht ist daher die durch den Gesichtssinn empfundene unmittelbare Einheit der +M in der Natur und in unserer Denkthätigkeit.

Das Hervortreten der +M als reiner Grundkraft empfinden wir im Allgemeinen als Wärme und als Licht erst dann, wenn sich ihre Beschränkung so vermehrt, daß die Schwingungen über 400 Billionen in 1 Sekunde anwachsen. Die Ursache, warum nicht jede strahlende Wärme uns als Licht erscheint, findet die Empirie in der Einrichtung unseres Gesichtssinnes. Die von einer erhitzten, eisernen Kugel ausstrahlenden Wärmestrahlen durchdringen nemlich eine Wasserschichte solange nicht, bis die Kugel zu glühen

anfängt. Ampére zog hieraus den Schluß, daß langsamere Schwingungen mit längeren Wellen nicht im Stande seyen, die wäßrige Feuchtigkeit unserer Augen zu durchdringen. Der Grund dieser Beschränktheit unseres Gesichtssinnes gehört nicht hieher, sondern in die Lehre von der organischen Natur. Hier wollen wir nur bemerken, daß alle Sinne stufenweise darauf gerichtet sind, die +M mit den Bestimmungen zu empfinden, welche sie durch die —M erlitten hat. Das Auge gewährt uns diese Empfindung am reinsten. Es ist daher der edelste von allen Sinnen, am meisten dazu geeignet, uns über die Elemente der Dinge Aufschluß zu geben, weil er am unmittelbarsten damit verkehrt[1]). — Abgesehen von dem subjektiven Merkmale der Empfindung stimmen die Begriffe von Licht und Wärme unter sich überein, wie auch von den Empirikern stets mehr anerkannt wird[2]). Jede Wärme bringt bei gehöriger Steigerung die Erscheinung des Lichtes hervor. Die Strahlung beider unterliegt den gleichen Gesetzen der Reflexion, Brechung und Dispersion. Man unterscheidet ebenso Farben der Wärme wie des Lichtes, dann diathermane und adiathermane, wie durchsichtige und undurchsichtige Körper. Endlich finden sich auch die Erscheinungen der Interferenz, Beugung und Polarisation auf gleiche Weise bei der Wärme wie beim Lichte.

CC. Strahlung des Lichtes.

§ 36.

Wenn die +M in einem Körper frei hervortritt, so findet sie in ihm ein Hinderniß ihrer Ausbreitung. Sie sucht ihn aus-

[1]) Carus („Natur und Idee" 1861 S. 19 ꝛc.) hält das Licht für den Anfang der Schöpfung, woraus die Elemente ihren Ursprung genommen haben. Leop. Pohl („das Licht, der materielle Urgrund aller Dinge oder die Bausteine des Weltalls" 1860) kam dagegen auf den Gedanken, die Elemente im Lichte selbst aufzusuchen. Dieser Gedanke hätte fruchtbringend werden können. Die Ausführung mußte aber mißlingen, weil Pohl, der Atomistik folgend, von der Voraussetzung ausging, daß die Elemente Stoffe seyen. Er gelangte dadurch wieder zu der Annahme eines Lichtstoffes, welcher aller wesentlichen Merkmale des Stoffes entkleidet seyn sollte, aber eben damit undenkbar wurde.

[2]) Helmholtz: „Ueber die Erhaltung der Kraft" 1847 S. 24. — Wüllner a. a. O. Bd. III S. 201.

zudehnen, wird in ihm, soweit ihr dieses nicht gelingt, zur Wärme und als solche von ihm ausgestrahlt (§ 32). Die Ausstrahlung hängt dann ihrer Quantität nach von der Dichtigkeit und ihrer Qualität nach von der Kohäsion des Stoffes ab. Der dichtere Stoff enthält mehr +M im gleichen Raume. Haben sich daher die zu einer bestimmten Temperatur erforderlichen Einheiten freier +M mit den Einheiten der im Körper gebundenen +M vereinigt, so muß eine größere Menge davon im gleichen Raume als bei einem minder dichten ausstrahlen. Die geringere Kohäsion vermag bei gesteigerter Wärme die Ausdehnung und Auflösung des Stoffes weniger zu hindern. Von den neu hervortretenden Einheiten +M müssen dann immer mehr hiezu verwendet werden, also von den kürzeren Wellen immer mehr verloren gehen. Da sich ferner die Beschränkung, welche die +M im Körper erlitten hat, bei ihrer Ausstrahlung fortsetzt, müssen bei der Ausstrahlung kohärenterer Körper die Schwingungen der kürzeren Wellen eine größere Weite annehmen als bei der Ausstrahlung minder kohärenter Körper.

Flüchtige Stoffe leuchten wegen ihrer geringen Dichtigkeit und dem Mangel an Kohäsion nur wenig. Ihre Leuchtkraft wächst aber mit ihrer Dichtigkeit und kann durch Druck vermehrt werden. Flüssigkeiten und feste Stoffe geben dagegen ein stärkeres Licht und die festen leuchten um so stärker, je mehr sie bei großer Hitze noch fest bleiben. Selbst die Flamme des brennenden Knallgases verbreitet ungeachtet ihrer großen Hitze ein kaum merkliches Licht. Das Drumond'sche Kalklicht dagegen, welches entsteht, wenn das brennende Knallgas auf einen der Hitze seiner Flamme widerstehenden Cylinder von gebranntem Kalk geleitet wird, leuchtet mit einer Stärke, welche das Auge nicht zu ertragen vermag. Die Flammen der Talg-, Stearin- und Wachskerzen sowie des Leuchtgases verdanken ihre Leuchtkraft dem Gehalt an Kohle, welche, durch Zersetzung ausgeschieden, in festen Körperchen der Hitze Widerstand leistend und weiß glühend im brennenden Gase schwimmt. Mischt man das aus Wasserstoff und Kohlenstoff bestehende Leuchtgas mit Sauerstoff in der Art, daß die Verbrennung nicht bloß in den äußeren Theilen der Flamme stattfindet, wo sie zunächst den Wasserstoff ergreift, während der Kohlenstoff im Innern der

Flamme zurückbleibt, sondern daß sich nebst dem Wasserstoff zugleich auch der Kohlenstoff mit dem Sauerstoff verbindet und dadurch genöthigt wird, die Gasform beizubehalten, dann gibt die Flamme eine größere Hitze, aber weniger Licht. Der Bunsen'sche Brenner ermöglicht eine solche Mischung mittelst Löcher, durch welche die Luft von unten in das brennende Leuchtgas strömt. Verschließt man diese Löcher, so entsteht eine Leuchtflamme, öffnet man sie, so entsteht eine Heizflamme. Die größere Hitze der letzteren hat ihren Grund darin, daß eine größere Stoffmenge gleichzeitig und mit dem Wasserstoff zugleich der Kohlenstoff verbrennt, wobei von allen brennenden Stofftheilen gleichzeitig Strahlen von +M ausgehen, welche ihre Wirkung summiren. Die +M strahlt daher mehr in nicht leuchtenden langen Wellen, während in der Leuchtflamme durch das Glühen des in festen Zustand übergangenen Kohlenstoffes die kürzeren, leuchtenden Wellen sich vermehren und an Intensität zunehmen.

Wenn ein Körper durch Bestrahlung zur Wärme- oder Lichtquelle wird, unterscheidet sich die von ihm ausgestrahlte +M von einer ihn durchstrahlenden dadurch, daß neue Wellen sich zu bilden beginnen, während bei der durchstrahlenden +M sich die einstrahlenden Wellen bloß fortsetzen[1]). Nach den Untersuchungen von Draper fangen alle Körper, welche der sich steigernden Wärme widerstehen, bei gleicher Temperatur zu glühen an, wenn auch mit verschiedener Helle. Im Glühen zeigt sich zuerst die rothe Farbe. Zu dieser kommen dann die übrigen Farben des Spektrums der Reihe nach hinzu, bis der Körper nach Vereinigung aller Farben in weißer Farbe glüht. Feste und flüssige Körper geben dann bei Untersuchung ihres ausstrahlenden Lichtes durch ein Prisma ein kontinuirliches Spektrum, worin die Farben in der nemlichen Ordnung wie im Sonnenspektrum, wenn auch bisweilen mit einer veränderten Ausdehnung einzelner Farbengruppen aufeinander folgen. Flüchtige Stoffe werden durch die Wärme ausgedehnt, bis die +M in ihnen die äußerste, ihr durch die —M gesetzte Grenze erreicht

[1]) Wüllner a. a. O. Bd. III S. 221 ꝛc. — Melloni in Poggendorf's Annalen Bd. 75 S. 79.

(§. 13). Erst dann findet die Wärme in der +M einen Widerstand. Wenn man, wie es zum Zwecke der Spektralanalyse gewöhnlich geschieht, feste Stoffe durch einen elektrischen Strom in einem hohlen Kohlencylinder einer solchen Hitze aussetzt, daß sie sich nicht bloß in Dämpfe auflösen, sondern auch die Dämpfe sofort, ohne daß sie Zeit haben, sich allmählig auszudehnen, glühend werden, so befinden sich diese Dämpfe in einem Zustande der Verdichtung, welcher sie sich, besonders in ihren inneren Schichten, nicht sogleich zu entledigen im Stande sind. Sie werden dadurch fähig eine höhere Temperatur anzunehmen und auch Licht auszustrahlen. Der Druck, dem sie unterliegen, ist jedoch nicht so groß, daß durch ihn allein leuchtende Strahlen von merklicher Stärke hervorgebracht werden könnten. Er hindert auch nicht, daß die Hitze wenigstens theilweise den Dampf in jenen ausgedehnten Zustand versetzt, in welchem sie dem Widerstande der +M begegnet, und erst von da an werden die mit verkürzten Wellen auftretenden Strahlen eine größere Intensität erlangen. Untersucht man daher das von Dämpfen und Gasen ausstrahlende Licht durch ein Prisma, so erhält man in der Regel kein kontinuirliches Spektrum, sondern nur einzelne helle Linien oder Streifen, welche von dunklen Zwischenräumen unterbrochen sind. Durch gesteigerten Druck und sehr hohe Temperatur läßt sich jedoch ihr Spektrum in der Art verändern, daß nicht bloß die gewöhnlich sichtbaren Linien und Streifen heller werden, sondern neben ihnen noch weitere erscheinen, die dunklen Räume zwischen ihnen sich ausfüllen und das Spektrum theilweise oder ganz ein kontinuirliches wird. Thalium gibt z. B. im Bunsen'schen Brenner eine einzige grüne Linie, bei größerer Hitze aber noch eine Reihe violetter Streifen. Wasserstoffgas gibt nach Plücker gewöhnlich 3 helle Linien, eine rothe, eine grünblaue und eine blauviolette, Sauerstoff eine Menge helle Linien, die über das ganze Spektrum vertheilt sind. Bei vermehrtem Druck und möglichst gesteigerter Temperatur fand aber Müllner das Spektrum des Wasserstoffs innerhalb Hα und Hγ der Fraunhofer'schen Linien und das des Sauerstoffs im rothen und gelben Theile kontinuirlich[2]). Nach

[2]) Müllner a. a. O. Bd. II S. 246 u. 249.

Schellen sind diejenigen Linien, welche zuerst auftreten, die charakteristischen bei jedem Stoffe, welche auch dann, wenn sich das Spektrum weiter ausdehnt, noch am hellsten glänzen[3]). Kirchhoff und Bunsen lehrten deshalb auch den Satz, daß jeder flüchtige Stoff im leuchtenden Zustande sein eigenes Spektrum habe, aus welchem er erkennbar sey, und gründeten hierauf die für die Wissenschaft höchst wichtige Spektralanalyse.

Euler hat schon darauf aufmerksam gemacht, daß zwischen dem Vermögen der Körper, Licht zu absorbiren und auszustrahlen, ein gewisser Zusammenhang stattfinden, daß jeder Körper in eigenthümlichen Schwingungen begriffen seyn, und daß es von diesen abhängen müsse, welche Art von Lichtstrahlen er absorbirt. In neuerer Zeit stellte Kirchhoff als Gesetz auf, daß das Verhältniß zwischen dem Vermögen der Körper, Licht und Wärme zu absorbiren und zu emittiren, bei der gleichen Temperatur für eine und dieselbe Strahlengattung das nemliche sey[4]), und bewies, daß jeder flüchtige Stoff diejenigen Lichtstrahlen absorbirt, welche er selbst glühend aussendet. Natriumdampf gibt glühend gelbes Licht und löscht die nemliche Farbe aus, wenn durch ihn weißes Sonnenlicht strahlt. Ebenso absorbirt Chlorlithium, welches mit rothem Lichte glüht, die gleiche Farbe im weißen Lichte. Jeder flüchtige Stoff sendet daher, wenn er einmal die weiteste Ausdehnung erreicht hat, bei weiterer Erhitzung die nemlichen Strahlen aus, welche ihn dann zur Wärme und zum Leuchten erregen, und da diese Strahlen nach §. 32 in bestimmter Beziehung mit dem Verhältnisse stehen müssen, in welchem die +M und —M in ihm verbunden sind, so ist Hoffnung gegeben, dieses Verhältniß aus ihnen ermitteln zu können.

DD. Farben.

§. 37.

Die Erfahrungsthatsache, daß jeder Strahl natürlichen Lichtes bei seinem Durchgange durch ein dreiseitiges Prisma durchsichtigen Stoffes verschieden gebrochen und in unzählige Strahlen farbigen

[3]) Schellen: „Die Spektralanalyse ꝛc." 1870 S. 121.
[4]) Poggendorfs Annal. Jahrg. 1860 Bd. 109 S. 275.

Lichtes zerstreut wird, rief unter den Anhängern der Undulationstheorie schon längst die Ansicht hervor, daß das Licht aus einer Menge Strahlen von verschiedener Wellenlänge zusammengesetzt sey, wenn auch nicht begriffen werden konnte, auf welche Weise diese Zusammensetzung im Lichte entsteht. Durch das Prisma kann die Verschiedenheit der farbigen Lichtstrahlen nicht erst hervorgebracht werden. Denn ist das Licht einmal in Farben zerstreut, so wird ein einzelner Strahl farbigen Lichtes davon herausgenommen durch ein zweites Prisma nicht mehr zerstreut, sondern nur einfach gebrochen, und wenn man die zerstreuten Strahlen aller Farben durch ein zweites Prisma, eine Linse oder einen Hohlspiegel sammelt, erhält man wieder das ursprüngliche weiße Licht.

Die gleichzeitige Bewegung von Wellen verschiedener Länge im nemlichen Raume ist nur denkbar bei dem Zusammenwirken reiner Kräfte. Sobald das Spiel dieser Kräfte in Stoffen oder auf Stoffe wirkt, muß es sich durch die Gegenwirkung der Kräfte, aus welchen die Stoffe bestehen, wesentlich verändern. Im stoffleeren Raume bewegen sich die Lichtstrahlen aller Farben mit gleicher Schnelligkeit (§. 31). Würden sich die längeren Wellen im Weltraume schneller bewegen als die kürzeren, dann kämen von dem Lichte der Sterne zuerst die rothen, dann der Reihe nach die gelben, grünen, blauen und zuletzt die violetten zu uns. Es müßten uns wenigstens die von Zeit zu Zeit am Himmel neu sichtbar werdenden Sterne zuerst im rothen Lichte erscheinen und erst nach dem Hinzukommen der übrigen Farben ein weißes Licht annehmen. Der zu Tycho's Zeiten im Jahre 1572 im Sternbilde der Cassiopeja sichtbar gewordene und im Jahre 1574 wieder verschwundene Stern z. B. glänzte jedoch gleich Anfangs mit weißem Lichte, welches erst später in Gelb, dann in Roth überging und zuletzt, vor dem Erlöschen, sich in Grau verlor. Wenn dagegen das weiße Licht einen Stoff durchdringt, findet die von Cauchy für die Atomistik aufgestellte Theorie[1]) auch im dynamischen System ihre Anwendung. Das Licht bewegt sich dann in einem Raume, wo die +M bereits einer Beschränkung

[1]) Philosophical Magazine. Ser. III Vol VI. 1835 pag. 262.

unterliegt, von einer dynamischen Einheit zur andern nach dem vergeblichen Versuche, seine +M mit der des Körpers gegen die —M desselben zu vereinigen (§ 32). Der Stoff ist also ein Hinderniß seiner Fortpflanzung, welches zur Folge hat, daß die Wellen sich verkürzen, und zwar die kürzeren verhältnißmäßig mehr als die längeren. Fällt daher ein Lichtstrahl schief aus dem leeren Raume auf die Oberfläche eines Stoffes oder aus einem dünneren Stoffe auf die Oberfläche eines dichteren, so werden die Strahlen von ungleicher Wellenlänge ungleich gebrochen. Die Strahlen mit den kürzeren Wellen nähern sich mehr dem Einfallslothe und durchdringen den Stoff mit geringerer Schnelligkeit als die längeren. Hat nun der Stoff die Form eines dreiseitigen Prismas, so müssen die Strahlen mit den ungleichen Wellenlängen dasselbe auf verschiedenen Wegen durchdringen und auf diese Weise nothwendig sich trennen.

Schon lange, ehe das Verhältniß der prismatisch gebrochenen Lichtstrahlen näher erforscht war, vermuthete man einen Zusammenhang der Farben mit den musikalischen Tönen. Am Anfange des vorigen Jahrhunderts suchte der Abbé Castel durch Anschlagen von Tasten auf einem Klaviere, durch welches er alle Farben zum Vorschein bringen konnte, eine Farbenmusik aufzuführen, und in neuerer Zeit befaßte sich Ruete damit, Farbenakkorde durch Drehen von Scheiben zu erzeugen. Wiederholt sich im Lichte das Zusammenwirken der Grundkräfte, welche in den Schwingungen elastischer Körper auch die musikalischen Töne hervorbringen, dann müssen sich in den Wellenlängen und in der Dauer der Schwingungen beider nothwendig die nemlichen Verhältnisse wiederholen. Der Unterschied besteht nur darin, daß die Harmonie und Disharmonie, welche von der Musik dem Ohre in der Zeit dargestellt werden, sich durch die Farben dem Auge im Raume darstellen [2]).

EE. Polarisation des Lichtes.

§ 38.

Wenn ein Lichtstrahl senkrecht auf die ebene Oberfläche eines durchsichtigen Körpers fällt, dringt er, soweit ihm dieser

[2]) Unger: „Ueber die Theorie der Farbenharmonie" in Poggend. Annalen Bd. 87 S. 121.

keinen Widerstand leistet, ganz in denselben ein. Wenn er parallel, sey es auch noch so nahe an dessen Oberfläche vorüber geht, kann er gar nicht eindringen. Denn wenn er auch mit seinen seitlichen Schwingungen dieselbe berührt, so kann er sich doch mit diesen Schwingungen keinen Eingang verschaffen, weil er in ihrer Richtung nicht fortschreitet. Fällt er dagegen unter einem schiefen Winkel auf, so wird er zwar theilweise eindringen, gemäß seinem Streben nach kugelförmiger Ausbreitung wird er aber zugleich theilweise reflektirt, und der reflektirte Theil muß umso größer seyn, je kleiner der Neigungswinkel ist, unter welchem er auf die Oberfläche fällt. Mit der Theilung des Strahles in der Längenrichtung müssen sich auch seine seitlichen Schwingungen theilen. Die Schwingungen der letzteren Art werden bei ihrer Ankunft auf der Oberfläche des Körpers, insoweit der Strahl eindringt, durch das Streben der +M in beiden nach Vereinigung von dem Körper angezogen und, insoweit der Strahl reflektirt wird, durch das entgegengesetzte Streben von dem Körper abgestoßen. Während jede seitliche Schwingung bis hieher nach allen Richtungen gleichmäßig geschah, muß sich dieselbe jetzt bei der Trennung beider Strahlen nach bestimmten Richtungen ausscheiden. In dem eindringenden Strahle muß sie die Richtung senkrecht zur Oberfläche des Körpers und in der Einfallsebene annehmen. Im reflektirten Strahle wird sie einerseits durch die Abstoßung von der Oberfläche des Körpers hinweg, anderseits durch die Bewegung des Strahles in seiner Längenrichtung auf dieselbe hingetrieben. Die Schwingung kann daher in keiner von beiden Richtungen stattfinden, sondern muß die mittlere Richtung parallel der Oberfläche des Körpers und senkrecht zur Einfallsebene einschlagen. Da bei der Reflexion der Ausfallswinkel dem Einfallswinkel immer gleich seyn muß, für den eindringenden Strahl aber der Brechungswinkel sich vergrößert oder verkleinert, so folgt, daß der reflektirte und eingedrungene Strahl bei Vergrößerung des Einfallswinkels sich einander nähern und bei Verkleinerung des Einfallswinkels sich von einander entfernen müssen. Ist der Winkel zwischen beiden Strahlen = 0 oder = 2R, dann sind ihre seitlichen Schwingungen vereinigt. Die Trennung liegt zwischen beiden Winkelgrößen. Sie beginnt mit ihnen und muß am größten seyn,

wenn beide Strahlen einen rechten Winkel zu einander bilden. Bis dahin verlieren die seitlichen Schwingungen des reflektirten Strahles immer mehr an Richtung gegen die Oberfläche zu und die seitlichen Schwingungen des eingedrungenen Strahles immer mehr an Richtung gegen die Einfallsebene zu. Haben auf diese Weise die seitlichen Schwingungen des reflektirten Strahles die Richtung parallel zur Oberfläche und die des eingedrungenen Strahles die Richtung senkrecht hiezu ausschließlich angenommen, dann nennt man das Licht vollständig polarisirt [1]). Haben dagegen die seitlichen Schwingungen eines Lichtstrahles eine solche Richtung nur vorherrschend angenommen, so daß sie auch noch abweichend hievon stattfinden, dann heißt der Lichtstrahl theilweise polarisirt. Da die farbigen Lichtstrahlen in verschiedenen Winkeln gebrochen werden, kann die Polarisation des weißen Lichtes immer nur eine unvollständige seyn.

Auf einer gleichen Theilung der seitlichen Schwingungen beruht die schon über 100 Jahre früher von Huyghens entdeckte Polarisation des Lichtes durch doppelte Brechung in Kalkspathkrystallen. Jeder solche Krystall bildet ein Rhomboeder, dessen Hauptaxe die zwei gegenüber stehenden Ecke mit je 3 gleichen Winkeln verbindet, und ist hemiedrisch aus der sechsseitigen Doppelpyramide durch Vergrößerung je 2 einander gegenüber stehender Flächen entstanden, weshalb die Nebenaxen nicht die Seitenecke, sondern die Mittelpunkte der Seitenkanten mit einander verbinden. Die Krystalle des tetragonalen und hexagonalen Systems, zu welchem das Rhomboeder gehört, unterscheiden sich nach § 22 von jenen des vollkommen regulären Systems dadurch, daß in ihnen die +M und —M nicht, wie in diesen, in allen Axen gleichmäßig, sondern in der Richtung der Hauptaxe anders als in den Richtungen der Nebenaxen verbunden sind. Die Dichtigkeit dieser Krystalle muß daher in der Richtung der Hauptaxe eine andere seyn, als in der Richtung der Nebenaxen, eine größere, wenn in ihr die —M, und eine kleinere, wenn in ihr die +M überwiegend ist. Dieser Unterschied zeigt sich zunächst in

[1]) Der Name ist unpassend. Er rührt von Malus her, welcher die Polarisation des Lichtes durch Reflexion und Brechung im Jahre 1811 entdeckte und darin eine Aehnlichkeit mit dem Wirken der magnetischen Kraft auf die Richtung gleichnamiger Pole einer Reihe von Magnetnadeln vermuthete.

den Wirkungen der Wärme. Das Kalkspathrhomboeder hat in der kürzeren Hauptaxe eine größere, in den 3 Nebenaxen gleiche Dichtigkeit. Jeder solche Krystall wird daher durch die Wärme, wie Mitscherlich durch Versuche bestätigte[2]), in der Richtung der Nebenaxen gleich, in der Richtung der Hauptaxe dagegen stärker ausgedehnt. Auch Mitscherlich suchte die Ursache hievon in einer verschiedenen Dichtigkeit, indem er lehrte, daß „die Vermehrung der Repulsivkraft durch hinzukommende Wärme in jener Richtung die stärkste Ausdehnung hervorbringen müsse, wo die Atome sich am nächsten liegen." — Nach Naumann[3]) tritt die gleiche Verschiedenheit der Axenrichtungen auch in der Elastizität der Krystalle und ihrem Verhalten gegen das Licht hervor. Der Dichtigkeitsunterschied muß bewirken, daß das Licht den Kalkspathkrystall in einer der Hauptaxe parallelen Richtung am langsamsten, in jeder anderen Richtung schneller und senkrecht zur Hauptaxe am schnellsten durchdringt. Jeder Lichtstrahl, welcher den Krystall nicht der Hauptaxe parallel durchdringt, wird ferner von der größeren Dichtigkeit in der Richtung der Axe angezogen, muß aber zugleich auch jene Richtung einschlagen, in der seinem Fortschreiten weniger Hindernisse entgegenstehen. Er muß sich also theilen in einen den Gesetzen der Brechung folgenden und in einen durch geringere Brechung davon abgelenkten Strahl. Da diese Theilung auf einer Anziehung und Abstoßung beruht, müssen sich auch die seitlichen Schwingungen wieder nach bestimmten Richtungen ausscheiden. Die des angezogenen Strahles können nur in der Richtung der Anziehung, also in der Ebene, welche den Strahl mit der Hauptaxe verbindet (dem Hauptschnitte), stattfinden, die des abgestoßenen Strahles aber, welche durch die Abstoßung von der Hauptaxe weg und durch die Längenrichtung des Strahles zu derselben hingetrieben werden, müssen die mittlere Richtung senkrecht zum Hauptschnitte annehmen.

Biot entdeckte, daß in manchen Krystallen, welche zu den nemlichen Systemen gehören, wie z. B. im Quarz, der ungewöhnliche Strahl stärker gebrochen wird als der ordentliche. Man

---

[2]) Poggend. Annalen J. 1827 Bd. 10 S. 137.
[3]) Ebend. J. 1833 Bd. 27 S. 240.

nannte deshalb diese Kryſtalle poſitive oder attraktive, die andern negative oder repulſive. In den poſitiven Kryſtallen hat in der Richtung der Hauptaxe die +M das Übergewicht und iſt daher in dieſer Richtung die Dichtigkeit am kleinſten, in der Richtung der Nebenaxen dagegen am größten. Das Licht geht alſo hier in der Richtung der Hauptaxe am ſchnellſten, in jeder andern Richtung langſamer und ſenkrecht zur Hauptaxe am langſamſten durch den Kryſtall. Es findet alſo wieder Anziehung und Abſtoſſung des Lichtes Statt und in Folge deſſen auch wieder doppelte Brechung und Polariſation des Lichtes.

Seebeck und Brewſter fanden, daß auch andere Subſtanzen durch ungleichförmige Ausdehnung oder Zuſammendrückung die Eigenſchaft erlangen, das Licht doppelt zu brechen und zu polariſiren, z. B. eine viereckige Glasplatte durch Zuſammenpreſſen von 2 einander gegenüberſtehenden Seiten oder durch ungleichförmiges Erhitzen und Abkühlen des Glaſes. Umgekehrt verliert der isländiſche Kalkſpath nach Mitſcherlich ſeine doppelte brechende Eigenſchaft durch Erwärmung umſo mehr, je mehr er ſich hiebei der Würfelform nähert, weil dadurch die ungleichmäßige Ausdehnung in ihm aufgehoben wird.

Daß die Eigenthümlichkeit des polariſirten Lichtes ihren Grund nur in der Ausſcheidung der ſeitlichen Schwingungen nach beſtimmten Richtungen hat, ergibt ſich klar aus den Erſcheinungen desſelben. Dove erhielt durch Vereinigung vieler Lichtſtrahlen, von welchen jeder nach einer andern Richtung polariſirt war, die Erſcheinungen des unpolariſirten Lichtes und erzeugte durch ſchnelle Drehung eines polariſirten Strahles um ſeine Axe ein Licht, welches keine Spur einer Polariſation mehr erkennen ließ.

FF. Wirkungen des Lichts.

§ 39.

Die Wirkungen der ſtrahlenden +M auf einen Körper richten ſich nach der Wellenlänge des Strahles und der Beſchaffenheit des Stoffes im Körper (§ 32). Da die Wellen der verſchiedenen Strahlen nach den Geſetzen der Stoffbildung abgeſtuft ſind und ihre Abſtufung die Verſchiedenheit aller möglichen Stoffe umfaßt,

so kann es keinen Stoff geben, der alle Strahlen reflektirt, absorbirt oder durchläßt. Jeder Stoff muß bestimmte Strahlen absorbiren und andere, wenigstens in dünnen Schichten, durchlassen. Nur die Art der Strahlen, welche absorbirt oder durchgelassen werden, kann bei den verschiedenen Stoffen verschieden seyn. Das Steinsalz läßt z. B. beinahe alle Wärmestrahlen durch, was darauf schließen läßt, daß es nur durch sehr wenige Wärmestrahlen erregbar ist. Daß es aber nicht gegen alle Wärmestrahlen unerregbar ist, erhellt daraus, daß es überhaupt erwärmt werden kann und solche Wärmestrahlen, welche von einem erwärmten Stücke Steinsalz kommen, nicht durchläßt [1]). Durchsichtige Körper lassen im selben Maße, in welchem sie durchsichtig sind, alle leuchtenden Strahlen durch. Das durchsichtige Glas hält jedoch beinahe alle Wärmestrahlen unter 100° C. zurück und der durchsichtige Alaun beinahe alle nicht leuchtenden Strahlen. Schwarzes Glas ist dagegen beinahe undurchsichtig, läßt aber dunkle Wärmestrahlen in reichlichem Maße durch. Weiße Körper reflektiren und schwarze absorbiren beinahe alle leuchtenden Strahlen. Farbig scheinende reflektiren und farbig durchscheinende transmittiren nur die Strahlen ihrer Farbe, während sie die übrigen absorbiren. Durch ungleichmäßige Lagerung der Theile können in einem und demselben Körper Unterschiede in ihrem Verhalten gegen das Licht entstehen. Ein dünnes Plättchen aus einem farbigen Turmalin, rechtwinklig zur Hauptaxe geschnitten, ist undurchsichtig, während eine viel dickere Platte, parallel mit der Hauptaxe geschnitten, noch ziemlich viel Licht durchläßt. Bekannt ist ferner die veränderliche Färbung, welche manche doppelt brechende Krystalle annehmen, jenachdem sie in verschiedenen Richtungen gesehen werden.

Die Absorption der Lichtstrahlen erfolgt größtentheils nicht sogleich nach ihrem Eindringen durch die Oberfläche der Körper, sondern erst, wenn sie mehr oder minder tief in dieselben eingedrungen sind, weil sie sich, wenn auch ihre Wellenlängen den dynamischen Einheiten im Körper vollkommen gleich sind, bei ihrem zufälligen Zusammentreffen erst mit denselben in Übereinstimmung setzen müssen, und wenn sie nicht genau mit ihnen

[1]) Eisenlohr a. a. O. S. 429.

übereinstimmen, die +M im Körper erst nach und nach zu erregen im Stande sind. Das Gold wirft z. B. die gelben Strahlen zurück und absorbirt die übrigen, aber nicht gleichmäßig. In dünnen Plättchen läßt es noch die grünen durch.

Wenn Lichtstrahlen schon in einer dünnen Schichte des Körpers vollständig absorbirt werden, kann sich die dadurch bewirkte Wärme auf den ganzen Körper nur durch Leitung von einem Theile zum andern fortpflanzen. Dieses geschieht, wie die Erfahrung bei den Metallen, den besten Wärmeleitern zeigt, nur sehr langsam. Ist die Absorption des Lichtes eine sehr rasche, so muß dadurch eine schnell eintretende Ausstrahlung entstehen, welche ebensoschnell wieder aufhört, wenn die Einwirkung des Lichtes nicht mehr stattfindet. Da aber doch einiges absorbirte Licht in geleitete Wärme übergeht und auch zur Ausdehnung des Stoffes verwendet wird, also nicht alles zur Wiederausstrahlung gelangt, so kann das ausstrahlende Licht weder die Intensität noch die Schnelligkeit der Schwingungen erreichen, wie sie das eingestrahlte hatte. Die Einstrahlung eines Lichtes von bestimmter Wellenlänge und Dauer der Schwingungen wird also nur eine Ausstrahlung mit längeren Wellen und langsameren Schwingungen hervorrufen. Diese Erscheinung nennt man nach Stokes Fluoreszenz, weil sie zuerst am Flußspath (Fluorcalcium) beobachtet wurde.

Eine Lösung von schwefelsaurem Chinin oder von Roßkastanienrinde in Wasser oder Alkohol zeigt beim Eintritte von Sonnenlicht an der Oberfläche eine schöne himmelblaue Farbe, welche davon herrührt, daß die im Sonnenlichte enthaltenen violetten und ultravioletten Strahlen in blaue umgewandelt und ausgestrahlt werden. Läßt man die im Sonnenspektrum zerstreuten Strahlen auf eine solche zwischen parallelen Glaswänden eingeschlossene Lösung fallen, so erscheint der ganze Theil des Spektrums von der Grenze der blauen Farbe an bis eine Strecke weit über das äußerste Violett hinaus blau. Die Fluoreszenz wird deshalb als ein Mittel benützt, das Vorhandenseyn der dunklen ultravioletten Strahlen durch Umwandlung in minder schnell schwingende, sichtbare nachzuweisen. Die brechbarsten Strahlen sind am meisten geeignet, eine Fluoreszenz hervorzurufen, weil ihre Schnel-

ligkeit die plötzliche Ausstrahlung am meisten befördert, und die kürzesten Wellen auch die geringsten Unterschiede haben, so daß sich mehrere von ihnen leichter zur Erregung der +M in der oberflächlichen Schicht des Körpers vereinigen können. Übrigens ist die Fluoreszenz nicht auf die violetten und ultravioletten Strahlen ausschließend beschränkt. Ein Decoct von Krapp in Alaunlösung setzt alle Farben von der Grenze des Orange an, also Gelb, Grün, Blau und Violett in Orange und Gelb, eine Lösung des Farbstoffes der Blätter in Alkohol alle Farben außer dem Roth bis zur Grenze des sichtbaren Spektrums in Roth herab [2]). Daß die Fluoreszenz durch Absorption von Licht bewirkt wird, unterliegt nach bekannten Erfahrungen keinem Zweifel. Das Sonnenlicht ist nach seinem Durchgange durch die oberflächliche Schicht der fluoreszirenden Chininlösung der Fähigkeit beraubt, eine weitere Fluoreszenz darin hervorzubringen, und bei der prismatischen Untersuchung zeigt sich in ihm da, wo das Spektrum des Fluoreszenzlichtes helle erscheint, ein dunkler Streifen [3]).

Auf gleiche Weise bewirkt das Licht durch fortgesetzte oberflächliche Absorption eine chemische Verbindung und Trennung von Stoffen, indem es entweder verschiedene Stoffe in übereinstimmende Schwingungen versetzt, ohne welche es der +M nicht möglich wäre, sie zu einem Stoffe zu verbinden, oder einen Stoff in Schwingungen versetzt, welchen er nur mit einem Bestandtheile zu folgen vermag, während ein anderer ausgeschieden wird. Chlor und Kohlenoxydgas verbinden sich nur im Lichte zu Phosgengas. Chlor und Wasserstoffgas verbinden sich im Lichte wenigstens leichter zu Salzsäure. Das Licht trennt ferner den Sauerstoff aus Chlorwasser und vielen Metalloxyden, das Chlor aus Chlorsilber und zersetzt die Salpetersäure in Sauerstoffgas und salpetrige Säure. Diese Wirkungen erzeugen vorzüglich die violetten und ultravioletten Strahlen und zwar, wie sich aus den photometrischen Untersuchungen von Bunsen und Roscoe [4]) ergibt, durch Absorption.

[2]) Graham-Otto a. a. O. Bd. I S. 452.
[3]) Büllner a. a. O. Bd. II S. 250 u. 260.
[4]) Poggend. Annal. J. 1857 Bd. 101 S. 235.

Flüchtige und flüssige Körper können die oberflächlichen Schwingungen nur solange fortsetzen, als sie vom Lichte beschienen werden. In *festen* Körpern bildet dagegen die Kohäsion einen Grund, dieselben auch *nach* Entfernung des Lichtes noch ebenso fortzusetzen, wie die durch den Anschlag einer gespannten Saite hervorgebrachten Schwingungen fortdauern, ohne daß die Saite neuerdings in Bewegung gesetzt zu werden braucht. Die festen Körper erhalten dadurch die Eigenschaft, im Dunkeln zu leuchten, welche man *Phosphoreszenz* nennt. In vorzüglichem Maße haben diese Eigenschaft der Diamant, manche künstlich erzeugte Baryt-, Kalk- und Strontianverbindungen und viele natürliche Kalkmineralien. Bei den meisten phosphoreszirenden Substanzen dauert das Fortleuchten nach Entziehung des Lichtes nur wenige Sekunden, bei Chlorophan, manchen Diamanten und Verbindungen von Schwefel und alkalischen Erden aber Stunden lang. Die Phosphoreszenz ist nach *Bequevel* eine länger dauernde Fluoreszenz. Sie entsteht gleichfalls durch oberflächliche Absorption des Lichtes, wie daraus erhellt, daß sie durch Pulverisirung der phosphoreszirenden Substanz vermehrt wird, und vorzüglich durch die brechbareren Lichtstrahlen, welche mindestens eine länger dauernde Phosphoreszenz verursachen. Auch das Phosphoreszenzlicht ist immer weniger brechbar als dasjenige, wodurch die Phosphoreszenz hervorgerufen wird.

Der *Phosphor*, welchem diese Erscheinung ihren Namen verdankt, leuchtet im Dunklen auch *ohne* vorausgegangene Erregung durch das Licht. Dieses Leuchten hat seinen Grund in einer fortgesetzten Verbindung mit dem Sauerstoffe der Luft, wodurch der Phosphor in die dem ausstrahlenden Lichte entsprechenden Schwingungen versetzt wird. Es hört auf, wenn dem Phosphor jeder Zutritt von Sauerstoff entzogen wird. Ohne Zweifel hat auch das Leuchten mancher Thiere und Pflanzenblüten sowie faulender Thier- und Pflanzenstoffe die gleiche Ursache. Wie durch die Verbindung mit Sauerstoff solche Schwingungen entstehen können, wird sich im § 43 ergeben.

b) in verschiedenen Körpern.

§ 40.

Die $\pm$M kann die $+$M und $-$M in verschiedenen Körpern auf *dreifache* Weise verbinden.

1) Der Gegensatz der +M und −M kann in den Körpern hervortreten, ohne daß die Körper selbst an diesem Gegensatze theilnehmen. Dann müssen sich die +M und −M in jedem Körper räumlich trennen und ihre Verbindung durch die ±M kann nur in der räumlichen Annäherung jener Körpertheile bestehen, in welchen der Gegensatz der +M und −M hervorgetreten ist. — Es entsteht der Magnetismus.
2) Der Gegensatz der +M und −M kann aus den Körpern hervortreten. Ihr Hervortreten wird sich dann als eine Spannung entgegengesetzter Kräfte und ihre Verbindung durch die ±M als eine Entladung dieser Kräfte darstellen, durch welche das Gleichgewicht wieder hergestellt wird. — Es entsteht die Elektrizität.
3) Der Gegensatz der hervortretenden +M und −M kann endlich die Körper selbst gegen einander in Spannung versetzen, so daß sich diese gegenseitig in ihre Grundkräfte auflösen und durch die Verbindung ihrer Grundkräfte ein neuer Stoff hervorgebracht wird. — Es entsteht der Chemismus.

Wir wollen nun die Wirkungen der Grundkräfte in jedem der drei Fälle gesondert betrachten.

α) Magnetismus.

§ 41.

Die ±M verbindet alle Körper durch die Schwere und eine Wirkung der Schwere ist auch die Adhäsion. Diese hat ihren Grund darin, daß verschiedene Körper, welche sich berühren, in der Berührungsfläche gegenseitig an ihren Aggregatszuständen theilnehmen. Fügt man zwei feste Körper mit glatten Oberflächen zusammen, so sucht jeder von ihnen seine Kohäsion in dem andern fortzusetzen, und es bedarf einer umso größeren Gewalt, sie wieder von einander zu trennen, je größer die Fläche ihrer Berührung ist und je vollkommener sie sich in derselben berühren. Feste Körper ziehen flüssige und flüchtige Stoffe an sich. Diese dringen in ihre Poren ein und verdichten sich an und in ihnen. Anderseits streben auch die Flüssigkeiten in der Berührung mit festen Körpern diese in den flüssigen Zustand aufzulösen.

Von allen diesen Erscheinungen unterscheidet sich der Magnetismus dadurch, daß bei ihm die räumliche Verbindung nur zwischen *solchen* Körpern stattfindet, an welchen der Gegensatz der +M und —M *in bestimmten Punkten* hervortritt, welche die magnetischen *Pole* genannt werden, und daß die ±M hiebei auch nicht die Körper überhaupt, sondern nur *diese Punkte* verbindet, nemlich den Punkt, in welchem an dem einen Körper die +M und den Punkt, in welchem an dem andern Körper die —M hervortritt. In der Empirie drückt man diese Wirkung mit dem Satze aus, daß *ungleichnamige* Pole sich *anziehen* und *gleichnamige* sich *abstoßen*. Hiebei bezeichnet man den Gegensatz beider Pole gewöhnlich mit den Ausdrücken „Nord" und „Süd" und nennt den nach Norden gerichteten Pol der Magnetnadel „Nordpol" und den nach Süden gerichteten „Südpol". Diese Benennung ist insoferne verwirrend, als die *Verbindung gleichnamiger* Pole dem Gesetze des Magnetismus widerspricht. Auch der umgekehrte Sprachgebrauch führt leicht zu Verwechslungen. Wir ziehen es daher vor, den nach Norden gerichteten Pol der Magnetnadel den *positiven* (+Pol) und den nach Süden gerichteten den *negativen* (—Pol) zu nennen, weil die Erfahrungen darauf hindeuten, daß jener durch das Hervortreten der +M, dieser durch das Hervortreten der —M gebildet wird.

Damit an einem Körper der Gegensatz der +M und —M hervortrete, müssen beide Grundkräfte *von zwei Endpunkten* des Körpers einander *entgegenwirken*. Diese Wirkungsweise ist nicht die gewönliche, wie sie bei der Produktion der Stoffe stattfindet. In allen sich selbst überlassenen Stoffen, in den flüchtigen und flüssigen Stoffen nicht minder als bei dem Festwerden der Stoffe im Krystallisationsprozesse, wirkt die +M von der Mitte aus und ihr entgegen die —M. Sie muß vielmehr erst durch ein besonderes Wirken der Grundkräfte hervorgerufen werden. Auf künstlichem Wege kann sie in einigen Metallen, namentlich Eisen, Nickel und Kobalt, bleibend, in andern, wie Mangan, Chrom, Cerium, Titan u. s. w. wenigstens vorübergehend hervorgerufen werden. Die Mittel hiezu bewirken eine theilweise Ausscheidung der Grundkräfte in der Art, daß die +M sich ausschließend vom —Pol gegen den +Pol und die

—M sich ausschließend vom +Pol gegen den —Pol richtet. Weiches Eisen wird schon magnetisch, wenn man es nur auf einige Zeit in die Lage bringt, welche eine frei schwebende Magnetnadel unter dem Einflusse des Erdmagnetismus einnimmt. Eine Erschütteruug durch Hammerschläge oder schnelles Erkalten nach vorausgegangener Erhitzung genügt dann, den magnetischen Zustand des Eisens bleibend zu machen. Bestreicht man einen Eisenstab mit dem +Pole eines Magnetes von einem Ende zum andern, so wendet der Magnet sich die —M des Eisens zu, während dessen +M vor ihm zurückweicht. Die —M des Eisens folgt dem +Pole des Magnetes in seiner Bewegung bis zum andern Ende. Dieses wird dann ein —Pol, während am Anfangspunkte der +Pol entsteht. Der Doppelstrich mit den beiden Polen eines Hufeisenmagnets bewirkt auf gleiche Weise den —Pol auf jenem Ende, welches dem +Pole des Magnetes zu gelegen ist, und den +Pol auf dem entgegengesetzten Ende. Je mehr in einem Körper beide Grundkräfte sich ausscheiden, desto stärker wird derselbe magnetisirt.

Coulomb fand bei sorgfältiger Untersuchung durch starke Magnete, daß alle festen und flüssigen Körper der Wirkung des Magnetismus unterliegen, indem sie entweder von den Polen eines Magnets angezogen oder abgestoßen werden. Die angezogenen sind die sog. paramagnetischen Körper, welche durch die Einwirkung eines Magnets magnetische Polarität annehmen und bei freier Beweglichkeit zwischen ungleichnamigen magnetischen Polen sich in die Verbindungslinie dieser Pole (axial) stellen. Die abgestoßenen Körper sind die sogen. diamagnetischen, welche gar nicht oder weniger geeignet sind, ihre +M und —M nach entgegengesetzten Endpunkten auszuscheiden. Sie nehmen deshalb ihre Stellung zwischen den ungleichnamigen Polen senkrecht zur Verbindungslinie (äquatorial). Das paramagnetische und diamagnetische Verhalten der Körper scheint übrigens auf einem bloßen Gradunterschiede zu beruhen. Denn auch ein paramagnetischer Körper stellt sich, umgeben von einer stärker paramagnetischen Flüssigkeit, äquatorial, und ein diamagnetischer Körper wird nach Plücker am kräftigsten abgestoßen, wenn ihn eine paramagnetische Flüssigkeit umgibt.

Der Magnetismus ist ein neuer Beweis des Lebens in der unorganischen Natur. Es zeigt sich in ihm, daß die 3 M in keinem Körper durch ihre Verbindung ertödtet sind, sondern daß ihre Thätigkeit in ihm ununterbrochen fortdauert, und sich, wenn ein räumlicher Unterschied in ihrem Zusammenwirken entsteht, sogleich äußert in dem Streben der +M und —M, auf andere Körper zu wirken, und der ±M, beide in verschiedenen Körpern mit einander zu verbinden, ohne ihre Verbindung in den Körpern selbst aufzuheben. Die ±M sucht im Magnetismus alle Körper in eine solche Stellung zu versetzen, daß der Verbindung der +M und —M in ihnen am wenigsten Hindernisse entgegenstehen, und ihr Streben bei Verbinduug der in den ungleichnamigen Polen hervortretenden +M und —M ist darauf gerichtet, sämmtliche Körper dem Wirken beider Grundkräfte in einer und der nemlichen Richtung zu unterwerfen, um sie in einer Kohäsion vereinigen zu können.

β) Elektrizität.

§ 42.

Der Unterschied zwischen dem Magnetismus und der Elektrizität zeigt sich zunächst schon in dem Einflusse der Wärme. Diese schwächt den Magnetismus, weil die erregte +M nach allen Seiten wirkt und dadurch die Ausscheidung der +M und —M nach einer bestimmten Richtung aufgehoben wird; sie befördert dagegen die Elektrizität. Die Elektrizität entsteht durch Reibung, welche zugleich Wärme erzeugt. Nach Bequevel werden alle Körper durch Zusammendrücken, und zwar im Verhältnisse ihrer Zusammendrückbarkeit, elektrisch.

Der Turmalin und Borazit erhalten durch Erwärmung elektrische Pole. Durch Zusammenlöthen differenter Metalle und Erwärmen der Löthstelle kann man nach Seebeck und Nobili elektrische Ströme hervorbringen. Die Erregung der Elektrizität besteht immer zugleich in einer Erregung der Wärme und unterscheidet sich von dieser nur dadurch, daß bei ihr die +M immer nur in der Spannung gegen die —M hervortritt, welche als entgegengesetzte Elektrizität an bestimmten anderen Körpern hervortritt. Die +M ist der Grund der positiven, die —M

iſt der Grund der negativen Elektrizität. Dieſes erhellt ſchon aus den ſogen. Lichtenbergiſchen Figuren, welche die Wirkungen beider Elektrizitäten auf eine mit Staub beſtreute Harzſcheibe darſtellen. Die poſitive Elektrizität zeigt ihre expanſive Wirkung in auswärts ſtrahlenden Sternen und die negative Elektrizität ihre kontraktive Wirkung in einwärts ſtrahlenden oder ſtrahlenloſen Ringen und Zonen. Aus dem Gegenſatze der freien +M und —M erklären ſich von ſelbſt alle Erſcheinungen der Elektrizität.

Wenn die +Elektr. gezwungen iſt, ſich bei unterbrochener Leitung mit der —El. in der Ferne zu vereinigen, wird ſie ſtrahlend und erſcheint als Licht. Im luftleeren Raume iſt die Lichterſcheinung am reinſten und in Form eines feurigen Streifens. Im lufterfüllten Raume nimmt ſie, weil die Luft in gewöhnlicher Temperatur die Elektrizität nicht leitet, ſondern gewaltſam von ihr durchbrochen werden muß, die Geſtalt eines Funkens an. Jeder Körper, der der ſtrömenden +El. Widerſtand leiſtet, wird von ihr erwärmt, und zwar im ſelben Maße, in welchem er ihrem Strome widerſteht. Schlechte Leiter werden daher mehr erwärmt, als gute, ebenſo dünne mehr als dicke, weil die Elektrizität ſich auf der Oberfläche verbreitet und der dünne Leiter weniger Oberfläche darbietet, als der dicke. Iſt die Erwärmung des Leiters ſo ſtark, daß er glühend wird, ſo beginnt das Glühen auf Seite der +El. und ſetzt ſich in der Richtung des Stromes derſelben fort. Auch die Luft wird durch die Elektrizität glühend und leitet ſie dann, weshalb auch in ihr durch ſtarke Elektrizität ein Lichtſtrom hervorgebracht werden kann. In dieſem Falle iſt das elektriſche Licht nicht mehr rein, ſondern zugleich das Licht der glühenden Luft. Es nimmt daher in verſchiedenen Gaſen verſchiedene Färbung an.

Das Hervortreten der entgegengeſetzten Elektrizitäten an verſchiedenen Körpern erfordert eine entgegengeſetzte Beſchaffenheit dieſer Körper. Ueber den Grund des elektriſchen Gegenſatzes der Körper vermochte die Empirie bisher noch kein allgemeines Geſetz aufzuſtellen. Sie hat nur gefunden, daß zwiſchen verſchiedenen Körpern ein ſolcher Gegenſatz in verſchiedenen Graden beſteht und hienach die Stoffe in eine Reihe geordnet, welche mit dem Kalium als dem am meiſten poſitiv elektriſchen beginnt und mit dem Sauerſtoff als dem am meiſten negativ elektriſchen ſchließt. Hie-

nach ist der elektrische Gegensatz zwischen zwei Stoffen um so größer, je weiter sie in der Reihe von einander entfernt sind. Wie läßt sich diese Reihenfolge der Stoffe erklären?

Treten die 3 M nur deshalb als Grundkräfte hervor, weil die Produktion der Stoffe gehemmt ist (§ 28), so müssen sie über die Stoffe hinausstreben, die +M über die Stoffe fortgesetzter Ausdehnung, die —M über die Stoffe fortgesetzter Einschränkung, und die ±M muß streben, beide wieder mit einander zu verbinden. Unter solchen Umständen genügt schon die bloße Berührung der entgegengesetzten Stoffe, die Erscheinungen der Elektrizität hervorzurufen. Zink wird bei der Berührung mit Kupfer positiv, das Kupfer negativ elektrisch, Schwefel bei der Berührung mit einem Metalle negativ, das Metall positiv elektrisch. Im Allgemeinen wird von zwei Stoffen derjenige, welcher, wie man zu sagen pflegt, größere Verwandtschaft zum Sauerstoffe hat, positiv, der andere negativ elektrisch.

Wird die Vereinigung beider Elektrizitäten durch einen flüssigen Leiter vermittelt, welcher aus verschiedenen Stoffen zusammengesetzt ist, so sucht die ±M zunächst den Gegensatz dieser Stoffe zur Befriedigung beider Elektrizitäten zu verwenden. Die Flüssigkeit wird je nach der Stärke des elektrischen Stromes in ihre Bestandtheile aufgelöst. Auf diese Weise gelang es dem Davy, die bis dahin für einfach gehaltenen Alkalien zu zerlegen und die Chemie mit neuen Grundstoffen zu bereichern, und nach Berzelius ist keine chemische Verbindung so fest, daß sie nicht durch einen elektrischen Strom von hinlänglicher Stärke gelöst werden könnte.

Von den Wirkungen der Elektrizität ist für uns besonders wichtig die Erregung des Magnetismus. Wenn wir nemlich einen elektrischen Strom über einen quer vor uns liegenden Eisenstab in senkrechter Richtung von uns hinweg leiten, wird der Stab magnetisch und erhält an seinem rechten Ende einen +Pol, an seinem linken Ende einen —Pol. Durch viele schraubenförmige Windungen eines mit Seide umsponnenen Drahtes kann man auf diese Weise in einem Eisenstabe einen außerordentlich starken Magnetismus bewirken, wenn man durch den Draht einen elektrischen Strom leitet.

Dieſe Erſcheinung beweiſt uns den Zuſammenhang zwiſchen der Elektrizität und dem Magnetismus. Beide ſind ſich inſofern entgegengeſetzt, als bei der Elektrizität die +M und −M aus den verſchiedenen Körpern hervortreten und ſich außer dieſen gegenſeitig aufheben, während bei dem Magnetismus ihr Gegenſatz in den verſchiedenen Körpern erhalten bleibt. Die Verbindung der 3 M in den Körpern ſelbſt dauert zwar in beiden Fällen noch fort. In der Elektrizität betritt aber die Natur doch ſchon einen Weg, der, wie uns der nächſte § zeigen wird, am Ende zur Auflöſung der Körper führt. Der Magnetismus dagegen zielt darauf ab, die Körper unverändert zu erhalten. Hieraus folgt für's Erſte, daß die ±M das magnetiſche und elektriſche Zuſammenwirken der +M und −M bei einem und demſelben Körper nach möglichſt entgegengeſetzten Richtungen von einander ausſcheiden muß. Da ferner im elektriſchen Prozeſſe jeder Körper bis zur wirklichen Auflöſung von der ±M erhalten wird, ſo muß deren Wirkſamkeit im ſelben Maße, in welchem ſie ſich nach der einen Richtung vermindert, nach der andern Richtung vermehren, alſo durch die Erregung der Elektrizität im Körper zugleich der Magnetismus erregt werden, ſoweit der Körper ſich überhaupt hiezu eignet.

In kohärenten Körpern verdankt hienach der Magnetismus ſeine Erregung durch die Elektrizität dem Streben der ±M, die Kohärenz in beſtimmter Richtung zu erhalten. Da nun die Kohäſion immer nur in umgekehrter Weiſe auf dem nemlichen Wege ſich auflöſen kann, auf welchem ſie entſtanden iſt, ſo gibt uns die Erregung des Magnetismus durch die Elektrizität zugleich einen weiteren Aufſchluß über die Wirkungsweiſe der 3 M bei dem Uebergange eines Stoffes von dem flüſſigen Zuſtande in den feſten. Um nemlich die +M und −M in einer beſtimmten Richtung verbinden zu können, zwingt die ±M die +M dadurch in dieſer Richtung zu wirken, daß ſie um dieſelbe die +M und −M ſpiralförmig einander entgegenführt. In den Weltkörpern hat ſich dieſe Wirkungsweiſe der Grundkräfte, wie wir ſpäter ſehen werden, unter dem Einfluſſe des allgemeinen Lebens erhalten. In ihnen iſt das Zuſammenwirken der Grundkräfte nur in einer Richtung, nemlich in der Axe, befeſtigt, in allen übrigen Richtungen aber

beweglich erhalten. Die Weltkörper behaupten daher nur mit ihren Axen eine bestimmte Richtung, während sie äquatorial ihre Beweglichkeit durch ihre Rotation beweisen.

Durch die Elektrizität wird jeder feste Körper mehr oder minder in den Zustand der Beweglichkeit seiner Theile zurückversetzt, aber nur in der Richtung des elekt. Stromes. Senkrecht hiezu bleibt nicht nur seine Befestigung aufrecht erhalten, sondern der elekt. Strom trägt insbesondere noch dazu bei, der Verbindung der +M und —M übereinstimmend hiemit in allen Theilen des Körpers eine gemeinschaftliche Richtung zu geben.

γ) Chemismus.

§ 42.

Die chemische Verbindung zweier Stoffe unterscheidet sich von der mechanischen Mischung dadurch, daß durch sie ein neuer, von den verbundenen Stoffen verschiedener Stoff entsteht, dessen Theile vollkommen gleichartig sind.

Nicht alle Stoffe, sondern nur diejenigen verbinden sich chemisch mit einander, welche, wie man zu sagen pflegt, eine „chemische Verwandtschaft" zu einander haben. Diese Ausdrucksweise stammt aus älterer Zeit, in der man glaubte, daß in solchen Stoffen etwas Gemeinsames enthalten seyn müsse, was ihre gegenseitige Anziehung bewirkt. Später erkannte man, daß die chemische Anziehung gerade durch eine entgegengesetzte Beschaffenheit der Körper bedingt ist, und daß gerade diejenigen Körper einander am stärksten anziehen, welche einander am meisten entgegengesetzt sind. Das elektrische Verhalten der Körper bestimmt zugleich ihr chemisches Verhalten. Jede chemische Verbindung geschieht mit einer elektrischen Entladung, und wenn eine chemische Verbindung durch den elektrischen Strom wieder gelöst wird, sammeln sich die getrennten Stoffe an den elektrischen Polen, der +elektrische an dem —Pol und der —elektrische an dem +Pol. Wenn zwei Körper ihre elektrische Spannung gegen einander entladen, befinden sie sich wieder im Gleichgewichte. Wenn sich aber ihre elektrische Spannung immer mehr steigert, nähern sie sich immer mehr jenem Punkte, in welchem die elektrische Entladung zugleich ihre chemische Verbindung herbeiführt. Schwefel und Kupfer zeigen sich, wenn sie mit

einander in Berührung gebracht werden, bei niederer Temperatur beinahe indifferent. Bei Erwärmung wird der Schwefel —, das Kupfer +elektrisch, und ihre elektrische Spannung wächst mit der Wärme, bis sie sich chemisch zu Schwefelkupfer verbinden. Damit ist dann ihre Spannung entladen.

Um die chemische Verbindung zu Stande zu bringen, muß die ±M die +M und —M beider Stoffe vereinigen. Daraus folgt, daß feste Körper sich als solche nicht chemisch verbinden können, weil beide durch ihre Kohäsion ihre Individualität festhalten. Corpora non agunt nisi fluida. Die Wärme befördert daher die chemische Verbindung, insoweit sie dazu beiträgt, die festen Körper flüssig zu machen. In flüchtigen Stoffen widersteht auch die Flüchtigkeit der chemischen Verbindung, weil sich die +M im Zustande der Flüchtigkeit der Ueberwindung durch die ±M entzieht. Insoweit daher die Wärme die Flüchtigkeit befördert, hindert sie die chemische Verbindung. Wird dagegen durch die Hitze das Band, welches die +M und —M im flüchtigen Stoffe zusammenhält, gänzlich gelöst, dann verfallen beide unbedingt wieder der ±M und werden von dieser zum neuen Stoffe verbunden. Manche Gase verbinden sich nur im Zustande des Glühens, wobei dann das Streben nach chemischer Vereinigung sie von selbst in jene Temperatur versetzt, welche ihre Auflösung nach sich zieht. Wasserstoffgas und Sauerstoffgas, in dem Verhältnisse der Gewichte von 1:8 gemischt, wirken in gewöhnlicher Temperatur und selbst bei einem allmälig steigenden Drucke chemisch nicht auf einander. Werden sie aber durch plötzlichen starken Druck oder durch den elektrischen Funken in irgend einem Theile zum Glühen gebracht, dann erwacht in ihnen die Begierde nach chemischer Verbindung. Die ganze Masse entzündet sich mit einer Explosion und das Produkt ihrer chemischen Verbindung ist Wasser.

Nach § 8 kann jede dynamische Einheit der +M nur mit einer oder mehreren Einheiten —M und jede dynamische Einheit der —M nur mit einer oder mehreren Einheiten +M verbunden werden. Die dynamischen Einheiten beider M sind untheilbar. Schon daraus folgt, daß verschiedene Stoffe sich nicht in jedem beliebigen, sondern immer nur in bestimmten Verhältnissen verbinden können. Z. B. 14 Gewichtstheile Stickstoff verbinden sich mit 8 Gewichtstheilen

Sauerstoff zu Stickoxydul, mit 16 zu Stickoxyd, mit 24 zu salpetriger Säure, mit 32 zu Untersalpetersäure, mit 40 zu Salpetersäure. Zwischen diesen Stufen findet eine chemische Verbindung beider Stoffe nicht Statt.

Das Gesetz bestimmter Verhältnisse gilt nicht bloß für Verbindungen der sogen. Grundstoffe, sondern auch für Verbindungen höherer Ordnungen. Die Oxalsäure bildet z. B. mit Kali verschiedene Salze, worin die Quantitäten der mit der nemlichen Menge Basis verbundenen Säure sich verhalten wie 1:2:4. In dem nemlichen Verhältnisse ferner, in welchem ein Stoff sich mit einem zweiten verbindet, wird er von demselben auch in der Verbindung mit einem dritten vertreten. Nach diesem Gesetze sind die Äquivalentgewichte der Grundstoffe bestimmt, und die Äquivalentgewichte der zusammengesetzten Stoffe sind, wie die Erfahrung beweist, die Summen der Äquivalentgewichte ihrer Bestandtheile.

Gay-Lussac fand, daß sich die stöchiometrischen Verhältnisse am einfachsten nach den Volumen darstellen, welche die Stoffe in flüchtigem Zustande einnehmen. Die Berechnung dieses Volumens bei jedem Stoffe war jedoch mit großen Schwierigkeiten verbunden, weshalb die Chemiker es vorzogen, die stöchiometrischen Verhältnisse nach dem Gewichte zu bestimmen. Eine Zusammenstellung vieler Gas- und Dampfarten nach den Volumenverhältnissen findet sich in Poggendorf's Annalen Bd. XVII S. 529 u f. — Vergleicht man die darin enthaltenen Angaben über die Volumen der durch chemische Verbindung der flüchtigen Stoffe entstandenen Stoffe gleichfalls in flüchtiger Form mit den Volumen, welche ihre Bestandtheile in getrenntem Zustande einnahmen, so zeigt sich, daß das Volumen der Zusammensetzung immer in einem einfachen Verhältnisse mit dem der Bestandtheile steht und entweder diesem gleich ist, oder $^2/_3$, $^1/_2$, $^2/_5$, $^1/_3$, $^1/_4$, oder $^1/_6$ davon bildet. Es zeigt sich also, daß auch hier die im § 8 für die ursprüngliche Produktion der Stoffe abgeleiteten Raumverhältnisse Anwendung finden. Das Volumen eines jeden zusammengesetzten Stoffes ergibt sich aus den Verhältnissen der +M und —M in seinen Bestandtheilen. Die Einschränkung und Ausdehnung des einen Stoffes durch den andern müssen sich daher auf die nemlichen Grundsätze wie die ursprünglichen Verbindungen der +M und —M zurückführen lassen.

Berzelius und mit ihm viele andere Chemiker glaubten und glauben zum Theile noch in den ſtöchiometriſchen Verhältniſſen einen Beweis gegen die dynamiſche Theorie gefunden zu haben. Sie meinen, die Erſcheinung, daß die Stoffe ſich nur nach den beſtimmten Miſchungsgewichten mit einander verbinden, laſſe ſich bloß durch die Annahme erklären, daß die Stoffe aus Atomen beſtehen, welche bei einem und demſelben Stoffe gleiches und bei verſchiedenen Stoffen verſchiedenes Gewicht haben. Nach dieſer Anſicht wäre die Schriftſtelle: Omnia in mensura et numero et pondere disposuisti [1]), welche Richter, der Gründer der Stöchiometrie, zum Vorſpruche ſeines bekannten Werkes [2]) wählte, nur auf die Atome zu beziehen. Auch in den Atomen wäre jedoch der Stoff ſchon ein Produkt der Natur, und könnte wohl die Natur in ihren Produkten dem Maße und der Zahl unterworfen ſein, wenn nicht ſchon das Wirken der produzirenden Mächte in ihr dem Maße und der Zahl unterworfen wäre?

Bei jeder chemiſchen Verbindung entſteht Wärme, wenn ſie unter Umſtänden geſchieht, die zum Wahrnehmen der Wärme günſtig ſind [3]). Das Streben nach Vereinigung erregt in beiden Körpern die +M, in dem + elektriſchen durch das Hervortreten der freien +M, und in dem —elektriſchen, weil die —M nach außen zu wirken ſtrebt und darum der +M im Körper ſelbſt eine größere Freiheit geſtattet. Die wirkliche Erhöhung der Temperatur eines jeden Körpers richtet ſich jedoch nach ſeiner Wärmekapazität. Jeder Körper wird durch die gleiche Erregung der +M umſo weniger erwärmt, je größer ſeine Wärmekapazität iſt und umgekehrt. Nach § 32 wird nun jeder Körper durch Erwärmung in Schwingungen verſetzt, deren Schnelligkeit mit der Höhe der Temperatur zunimmt. Die ±M kann aber zwei ſchwingende Körper nur dann zu einer Raumerfüllung verbinden, wenn ihre Schwingungen zuſammentreffen. Auch Töne vereinigen ſich nur dann zu einem Akkorde, wenn ſie durch ſolche Schwingungen entſtehen, welche wenigſtens regelmäßig wiederkehrend nach kurzen Zeiten zuſammentreffen, und wie verſchiedene Töne umſo wohlklingender

[1]) Sap. XI, 21.

[2]) „Anfangsgründe der Stöchiometrie“ 3 Th. 1792—1795.

[3]) Berzelius: „Lehrb. der Chemie“ von Wöhler 1835 Bd. V S. 46.

sich vereinen, je einfacher das Zahlenverhältniß ist, in dem sie zusammenschwingen, in gleicher Weise muß auch die ±M die chemische Verbindung zusammenschwingender Körper leichter oder schwerer zu Stande bringen. — Je größer nun die Wärmekapazität eines Stoffes ist, einer desto größeren Menge des entgegengesetzten Stoffes bedarf er, um durch die Wärmeerregung im chemischen Prozesse mit ihm auf den gleichen Temperaturgrad erhoben und in die gleichen Schwingungen versetzt zu werden. Dulong und Petit fanden deshalb, daß die Mischungsgewichte der sogen. einfachen Stoffe im umgekehrten Verhältnisse stehen wie ihre Wärmekapazitäten. Regnault und Neumann untersuchten auch das Verhältniß der zusammengesetzten Stoffe und fanden bei diesen das nemliche Gesetz wenigstens bei ähnlicher chemischer Zusammensetzung bestätigt. Die Abweichungen haben ihren Grund ohne Zweifel darin, daß bei ungleichen Schwingungen bisweilen ein Verhältniß einfacher Zahlen schon genügt, um der ±M die Verbindung der nach kurzen Zeiten immer wieder zusammenschwingenden Stoffe zu ermöglichen.

Die 3 M sind lebendige Kräfte. Wenn auch die +M und −M durch ihre Verbindung in einem Produkte der ±M unterworfen und zur Ruhe gelangt sind, so ist doch damit die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß die eine von ihnen der andern gegenüber sich in einer Erregung befindet, welche sich bei der Wechselwirkung mit anderen Körpern auf eigenthümliche Weise äußert. Hauptsächlich in der organischen Natur, welche einen besonderen Grund für solche Erregungszustände enthält, entdeckte man eine Menge Stoffe, an welchen ungeachtet gleicher chemischer Zusammensetzung sehr verschiedene Eigenschaften hervortreten. Viele flüchtige Oele sind sehr verschieden in ihrem Geruche und spezifischen Gewichte, ihren Siedepunkten, chemischen und medizinischen Wirkungen und bestehen doch, wie sich bei ihrer chemischen Zersetzung ergibt, aus den gleichen Quantitäten Kohlenstoff und Wasserstoff ($C_{20}H_{16}$). Man nennt solche Stoffe isomere und sucht die Verschiedenheit ihrer Eigenschaften aus einer verschiedenen Ordnung der Atome zu erklären, indem die Atome in ihnen entweder in gleichem Verhältnisse, aber in ungleicher Zahl, oder auch in gleicher Zahl, aber in verschiedener Weise zu näheren und

entfernteren Beſtandtheilen zu je einem Molecül verbunden ſeyn ſollten. Die erſte Art nannte man polymere Stoffe und führte als Beiſpiele an das Aldehyd und die entwäſſerte Butterſäure. In beiden Stoffen iſt ein Gewichtstheil Sauerſtoff mit einem doppelten Gewichtstheil Kohlenſtoff und Waſſerſtoff verbunden. Man dachte ſich aber die Verbindung in dem erſteren nach der Formel $C_4H_4O_2$ und in dem letzteren nach der Formel $C_8H_8O_4$. Die zweite Art nannte man metamere und führte als Beiſpiele an das baſiſch-ſchwefligſaure Queckſilberoxyd und das einfach-ſchwefelſaure Queckſilberoxydul, beide mit der empiriſchen Formel Hg^2SO^4, aber gedacht in dem einen als $2HgO, SO_2$ und in dem andern als Hg_2O, SO_3 [4]). Nun geſtattet zwar die atomiſtiſche Theorie bei quantitativ gleicher Zuſammenſetzung überhaupt noch eine Verſchiedenheit in der Ordnung der Atome zu denken. Eine Erklärung iſt jedoch damit in keiner Weiſe gewonnen. Denn die Chemie iſt bisher jeden Aufſchluß nicht nur darüber ſchuldig geblieben, wie die verſchiedene Ordnung der Atome in den iſomeren Stoffen hervorgebracht wird, ſondern auch darüber, wie die verſchiedenen Eigenſchaften dieſer Stoffe aus der verſchiedenen Ordnung der Atome entſtehen.

Endlich entdeckte man, daß auch ſolche Stoffe, welche als einfache betrachtet zu werden pflegen, je nach Umſtänden verſchiedene Eigenſchaften annehmen können, und nannte dieſe Erſcheinungen Allotropie. Der Sauerſtoff erlangt z. B. durch fortgeſetzte Einwirkung elektriſcher Funken die Eigenſchaften eines ſtarken Geruches und der Fähigkeit, aus feuchtem Jodkalium das Jod auszuſcheiden und feuchtes Silber zu oxydiren, welche ihm im gewöhnlichen Zuſtande fehlen. Das Chlorgas erhält durch das Sonnenlicht die Fähigkeit, ſich mit Waſſerſtoffgas zu verbinden, wozu es ſonſt keine Neigung hat. Andere Beiſpiele von Allotropie liefern der Phosphor, der Schwefel und der Kohlenſtoff. Man könnte nun zwar auch dieſe Stoffe als zuſammengeſetzt aus anderen betrachten und es verſuchen, ihre verſchiedenen Zuſtände aus einer verſchiedenartigen Verbindung der Atome ihrer Beſtandtheile zu erklären. [5]) Auf ſolche Weiſe gibt man ſich den

[4]) Graham-Otto a. a. O. Bd. I S. 700.

[5]) Clauſius: „Abhandlungen über die mechaniſche Wärmetheorie“ II S. 328.

Anſchein, die Aufgabe gelöſt zu haben, während man die Löſung nur weiter hinausſchiebt. Man iſt unermüdlich, für jede Erſcheinung neue Vorausſetzungen zu erſinnen und bedenkt dabei nicht, daß man dem Ziele, die Natur aus einfachen Prinzipien zu erklären, immer ferner rückt. — Beſteht der Sauerſtoff wie jeder andere Stoff aus +M und —M, ſo kann jede von beiden in ihm erregt ſeyn. Durch die Erregung der —M erhält er jene erhöhte Wirkſamkeit, bei welcher ihn Schönbein Ozon nannte, und durch die Erregung der +M wird er in jenen entgegengeſetzten Zuſtand verſetzt, in welchem er geeignet wird, die erhöhte Wirkſamkeit des Ozons wieder aufzuheben und deshalb Antozon genannt wird. Auch bei den übrigen ſogen. einfachen Stoffen muß ſich die Allotropie, wo eine ſolche wahrhaft vorhanden iſt, auf ähnliche Weiſe erklären laſſen.

3. Leben.

A. Das Leben der Natur im Allgemeinen.

§ 44.

Die Natur iſt nur darum fähig, lebende Weſen hervorzubringen, weil ſie ſelbſt aus einem lebendigen Grunde entſpringt und Leben in ſich hat. Alles entſteht in ihr durch Lebensthätigkeit. Die Produktion der Stoffe und die Wirkungen der Grundkräfte ſind in ihr auf's Innigſte verbunden. Mit jeder Produktion begrenzt ſich zwar das Zuſammenwirken der 3 M im Raume; aber nur ſoweit ihnen das Ueberſchreiten der Grenze unmöglich iſt, müſſen ſie als Grundkräfte in der Zeit hervortreten. Inſoweit ſich ihnen die Grenze erweitert, müſſen ſie die Produktion fortſetzen. Die räumliche Produktion iſt der Grund der Vielheit in der Natur. Das zeitliche Wirken der Grundkräfte iſt darauf gerichtet, die Vielheit wieder aufzuheben und die Einheit herzuſtellen. Die Vielheit muß ſein, damit eine Entwicklung ſtattfinde; die Entwicklung ſoll aber zum Ziele gelangen. Die unbedingte Macht, welche den Naturprozeß leitet, muß alſo der räumlichen Produktion zwar eine möglichſt weite Ausdehnung geben, ihr aber allmälig auch eine beſtimmte, unüberſchreitbare Grenze ſetzen, und je näher die räumliche Produktion dieſer Grenze rückt, in deſto

größerer Fülle müſſen die 3 M in der Zeit hervortreten, um das Ziel der Entwicklung zu erreichen.

Es entſteht alſo eine vom Anfange an lebendige und ſich bewegende Welt, welche durch Wachſen in der Zeit von einer Mitte aus bis zu einer beſtimmten, äußerſten Grenze im Raume ſich ausbreitet. Wir wollen nun vor Allem ſehen, inwieweit die Ergebniſſe der Erfahrungswiſſenſchaft hiemit übereinſtimmen.

a) Der Weltbau.

α) nach der Erfahrungswiſſenſchaft.

§ 45.

Das Alterthum dachte ſich die Erde als die Mitte der Welt und den geſtirnten Himmel als in einer gemeinſchaftlichen Bewegung um die Erde begriffen. Copernikus fand, daß ſich die ſcheinbaren Bewegungen der Himmelskörper leichter erklären laſſen, wenn man die Sonne als feſtſtehend annimmt und ſich vorſtellt, daß die Erde ſich nicht nur täglich um ſich ſelbſt, ſondern auch jährlich gleich den übrigen Planeten um die Sonne bewege. Damit hatte die Erde ihre ehemalige Würde als Weltcentrum verloren. Sie war den übrigen Planeten gleichgeſtellt, in deren Reihe ſie noch dazu den kleineren angehörte, und ſchien als „ein Staubkörnchen im unermeßlichen Weltall“ gewiſſermaßen zu verſchwinden. Die erweiterte Anſicht, welche man durch das copernikaniſche Syſtem gewonnen hatte, führte indeſſen zu maßloſen Vorſtellungen. Man träumte von einer unbegrenzten Ausdehnung der Welt, in der ſich die Geſtirne nach allen Richtungen in's Unendliche fort aneinander reihen ſollten, und ſuchte dem Einwande, daß dann von allen Punkten des Himmels Licht zu uns ſtrömen, ſohin der ganze Himmel uns als ein ununterbrochenes Lichtzelt erſcheinen müßte, durch die Hypotheſe zu begegnen, daß der Äther nicht ganz durchſichtig ſey, und darum mit wachſender Entfernung von dem uns zuſtrömenden Lichte immer mehr verloren gehe. Jeder Fixſtern ſollte eine Sonne ſeyn, um welche ſich, wie um die unſrige, Planeten und Kometen bewegen, und dieſe Sonnen ſollten durch ihre Entfernungen von einander dieſen Bewegungen hinlänglichen Raum geſtatten. Im Uebrigen betrachtete man die Vertheilung derſelben als das Werk eines bloßen Zufalles

und das ganze Universum als ein Aggregat ohne Anfang und Ende, Mitte und System. Die Welt sollte im Ganzen nicht mehr durch eine wunderbare Ordnung, sondern durch die Unendlichkeit ihrer Ausdehnung unser Staunen erregen, und statt in der Undenkbarkeit dieser Ausdehnung einen Beweis unrichtiger Vorstellungsweise zu finden, hielt man dieselbe sogar für ein nothwendiges Attribut, das, — wie man meinte, — durch die Unendlichkeit des Schöpfers gefordert sey.

Die Frage, ob die Welt im Raume begrenzt oder unendlich ausgedehnt ist, überschreitet die Erfahrung und kann daher von keiner empirischen Wissenschaft entschieden werden. Auf dem Gebiete der spekulativen Forschung haben wir dieselbe bereits im § 28 beantwortet [1]). Aus der Erfahrung entnehmen wir aber wenigstens soviel, daß in der Natur überall, im Großen wie im Kleinen, eine gewisse Ordnung herrscht, welche Alles in ihr zur Einheit verbindet.

Lambert [2]) dachte sich alle Weltkörper durch die Gravitation in fortgesetzter Unterordnung unter einander verbunden. Wie die Planeten und Kometen der Sonne, so sollte die Sonne mit anderen Fixsternen einem höheren Centralkörper, mehrere solche Systeme von Fixsternen sollten wieder einem höheren Centrum untergeordnet seyn und die Milchstraße bilden, mehrere Milchstraßensysteme unter sich wieder zu einem Systeme höherer Ordnung gehören, und wo diese Unterordnung jeder höheren Einheit unter eine noch höhere ein Ende nehmen sollte, wußte Lambert selbst nicht zu sagen. — Eine wahre Einheit kann aber nicht in der Unendlichkeit liegen. Auch nicht ein Körper, sondern nur die Einheit der in der Natur wirkenden Kräfte kann es seyn, was die ganze Welt in Ordnung erhält. Von einem Centralkörper, um welchen sich die Sonne bewegen sollte und von dem Lambert meinte, er werde sich vielleicht noch durch Störungen in den Bahnbewegungen der Planeten verrathen, konnte bisher keine Spur entdeckt werden. Daß auch in unserem Planetensysteme nicht der Sonnenkörper, sondern Kräfte regieren, welchen die

[1]) Vgl. die ausführliche Erörterung hierüber in der Anal. § 70.

[2]) in seinen „cosmologischen Briefen über die Einrichtung des Weltbaues" 1761.

Sonne ebenſo wie die Planeten unterworfen ſind, ergibt ſich ſchon daraus, daß es, wie wir im § 47 ſehen werden, nicht der Mittelpunkt der Sonnenmaſſe, ſondern ein ganz anderer Punkt iſt, um welchen ſich die Planeten in ihren Bahnen bewegen. Die Welt muß allerdings ein Centrum haben, von dem aus alles in ihr geſchaffen, erhalten und beherrſcht wird. Dieſes Centrum kann aber nur ein dynamiſches ſeyn, und die Einheit der Kräfte, welche von hier aus das ganze Univerſum durchdringen, wird bei ihrem Wirken in jedem Theile allgegenwärtig hervortreten. In dieſer Hinſicht geben uns nun die Erfahrungen der neueren Aſtronomie in der That eine Vorſtellung des Weltgebäudes, wodurch die Lehre eines Wachsthumes der Welt von einer Mitte aus unterſtützt und die Behauptung, daß das Planetenſyſtem, zu welchem die Erde gehört, ſo ziemlich in der Mitte des Weltalls ſich befindet, keineswegs widerlegt wird.

Die Dimenſionsverhältniſſe der Fixſterne unter einander ſind uns zwar nicht näher bekannt. Es koſtete Mühe, auf der großen Baſis des Durchmeſſers der ganzen Erdbahn durch die Parallaxenmeſſungen bei einzelnen Fixſternen überhaupt einen Unterſchied zu finden, woraus man berechnete, daß die nächſten Fixſterne von uns mindeſtens 4 Billionen Meilen weit entfernt ſind. Auf größere Entfernungen reichen die Meſſungen der Aſtronomen nicht mehr. Es fehlen die Mittel dazu. Indeſſen zeigt doch der Anblick des geſtirnten Himmels mit einem hinlänglich vergrößernden Fernrohre, daß die Fixſterne weder gleichförmig noch nach regelloſem Zufalle vertheilt, ſondern in der Milchſtraße und um dieſelbe nahezu in der Form eines größten Kreiſes zuſammengedrängt ſind. Herſchel, der ältere, ging von der Vorausſetzung aus, daß die Sterne wenigſtens in dem Syſteme der Milchſtraße alle ziemlich gleich weit von einander entfernt ſtünden und die ſcheinbare Annäherung derſelben in und bei der Milchſtraße ihren Grund darin habe, daß hier die Sterne in größerer Anzahl hinter einander ſtünden. Hienach beſtimmte er mittels ſogen. Sternaichungen aus der Zahl der im Sehfelde des Fernrohres ſichtbaren Sterne die Ausdehnung des ganzen Syſtems der Fixſterne in Form einer Linſe, deren Höhe zur Länge und Breite ſich verhalten ſollte wie 1:7 und die Stellung unſerer Sonne in der

Nähe der Mitte dieses Systems. Später gab jedoch Herschel die Hypothese einer gleichmäßigen Vertheilung der Fixsterne auf und gelangte zu der Ueberzeugung, daß die Sterne der Milchstraße in dem Streben begriffen seyen, sich in gesonderte Theile zusammenzuhäufen. Alex. von Humboldt hielt es für wahrscheinlich, daß die Milchstraße aus mehreren concentrischen Ringen bestehe [3]). Gänzlich unhaltbar wurde die Ansicht einer unserer Sonne ähnlichen Isolirung der Fixsterne durch die Entdeckung der Doppelsterne, welche nicht bloß optisch, d. h. scheinbar, durch ihre zufällige Stellung gegen unser Auge, sondern, wie sich nicht nur schon aus ihrem häufigen Vorkommen, sondern auch aus ihrer gemeinsamen Bewegung, theils neben, theils um einander oder um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt ergibt, physisch mit einander verbunden sind. Nach Struve und dem älteren und jüngeren Herschel finden sich bisweilen 3, 4 und noch mehrere Sterne auf gleiche Weise verbunden und bilden einen Uebergang zu den Sternenhaufen, in welchen Tausende von Sternen in einem verhältnißmäßig kleinen Raume zusammengedrängt sind, und diese verlieren sich endlich in den Nebelflecken, welche nach der Meinnng der Astronomen der äußersten Grenze der Sichtbarkeit angehören.

Diejenigen, welche sich von dem Gedanken einer grenzenlosen Ausdehnung der Welt nicht zu trennen vermögen, betrachten die Sternenhaufen als entfernte Systeme, ähnlich der Milchstraße und die Nebelflecke als weit entfernte Sternenhaufen, die nur wegen ihrer großen Entfernung und dem Mangel einer hinreichenden Bewaffnung des Auges bisher noch nicht als solche zu erkennen gewesen seyen. Sie berufen sich darauf, daß Sternenhaufen, in welchen durch starke Fernrohre die einzelnen Sterne deutlich unterschieden werden können, durch schwächere Fernrohre gesehen, sich gleichfalls als Nebelflecke darstellen, und daß neuerlich von Lord Rosse Nebelflecke, welche bis dahin für unauflöslich gegolten hätten, ganz oder theilweise aufgelöst und wieder neue, früher unsichtbare Nebelflecke entdeckt worden seyen, welche sich vielleicht

---

[3]) Kosmos Bd. III S. 188. — Vgl. auch Mädler: „Der Wunderbau des Weltalls" IV. Aufl. 1867 S. 460.

auch noch in Sterne auflöſen laſſen. — Die Entdeckung der Nebelflecke iſt zwar noch viel zu neu, als daß ſchon jetzt hierüber etwas endgiltig entſchieden werden könnte. Ein ſehr gewichtiger Grund für die Exiſtenz wahrhaft unauflöslicher Nebel iſt aber doch, daß die ſpektralanalytiſche Unterſuchung bei einem großen Theile der Nebelflecke nur einzelne leuchtende Linien ergab, während das Spektrum des Sternenlichtes immer ein kontinuirliches iſt. Littrow [4]) hält zwar die Spektralanalyſe hier deshalb für unzuverläßig, weil Secchi auch bei einem aufgelöſten Nebelflecke nur ein Spektrum aus hellen Linien gefunden habe. Es ſteht jedoch ſehr in Frage, ob die einzelnen Lichtpunkte, welche in manchen Nebelflecken bei ſtarker Vergrößerung ſichtbar werden, nicht bloß von Anhäufung und Verdichtung des leuchtenden Nebels an verſchiedenen Punkten herrühren. Von den Nebelflecken mit Linienſpektren ſoll Roſſe keinen einzigen mit Sicherheit aufgelöſt haben [5]). Auffallend iſt es ferner, daß alle Sternenhaufen, welche wenigſtens Herſchel mit ſeinem Rieſenteleskope noch als ſolche zu erkennen vermochte, in oder nahe bei der Milchſtraße liegen, während die unauflöslichen oder nur ſchwer und theilweiſe auflöslichen Nebelflecke mit Ausnahme der ſogen. unregelmäßigen (kleineren und ſchärfer abgegrenzten) Nebel, welche gleichfalls in der Milchſtraße liegen, beinahe alle ganz außerhalb derſelben in einer durch ihre Pole ſich ziehenden Zone in deutlich abgegrenzten Lagern und größtentheils in ſternenleeren Gegenden ſich finden, welche ihrer Dunkelheit wegen von den Aſtronomen „Kohlenſäcke“ genannt werden, dann daß die Nebel hier gewöhnlich herdenweiſe neben einander liegen und ihre Zuſammengehörigkeit oft dadurch erkennen laſſen, daß ſie entweder durch Nebelbänder zuſammenhängen, oder daß der eine an ſeinem Rande eine Vertiefung zeigt, in welche der hervorragende Theil des gegenüberſtehenden Nebels zu paſſen ſcheint. Schon hieraus ergibt ſich mit Wahrſcheinlichkeit, daß die Sternenhaufen und Nebelflecke ſelbſt noch zum Milchſtraßenſyſteme gehören oder doch in einer ſolchen Beziehung zu ihr ſtehen, daß durch ſie Lücken in ihr ergänzt werden. Hiezu kommt noch die

[4]) a. a. O. S. 662.

[5]) H. J. Klein: „Der Fixſternhimmel“ 1872 S. 357 u. 365.

nicht seltene Verbindung von Nebeln mit einzelnen Sternen oder Sterngruppen, welche ohne Zweifel zum Systeme der Milchstraße gehören, in der Art, daß die Sterne im Mittelpunkte eines runden oder in dem einen Brennpunkte eines elliptisch geformten Nebels stehen oder daß der Nebel strahlenförmig oder fächerartig von einem Sterne ausgeht oder ein Nebelstreifen zwischen 2 oder mehreren Sternen ausgebreitet ist. In einigen Nebeln, z. B. in dem in der Andromeda, scheinen weiter entfernte Sterne durchzuschimmern. Außerdem gehört hieher die Beobachtung eines Doppelnebels in den Zwillingen, an welchem, wie bei den Doppelsternen eine gemeinsame Bewegung bemerkt wurde, und die Lichtveränderung der Nebelflecke, namentlich des im Orion, dann eines Nebels in der Nähe der Hyaden, womit eine gleiche Veränderung eines Sternes zusammenfiel, welcher offenbar mit diesem Nebel in Verbindung steht. Alle diese Erscheinungen drängen zu dem Schlusse, daß im Weltraume eine schwach leuchtende, dunstartige Materie existirt, welche theils noch in der Milchstraße selbst einzelne Sterne umgibt, theils außerhalb derselben in ausgebreiteten Schichten gelagert ist, und zu dem Sternenheere des Milchstraßensystems sich ähnlich verhält, wie die in unserer Atmosphäre schwebenden Wolken zu der Wassermasse, welche den Erdkörper umgibt.

W. Herschel betrachtete diesen Lichtnebel als eine Urmaterie, aus welcher sich die Sterne durch Verdichtung gebildet haben, und belegte auch seine Theorie von dem allmäligen Uebergange des Lichtnebels in ausgebildete Sterne durch zahlreiche Beispiele aus seinen Beobachtungen [6]). In der Mitte des Milchstraßensystems scheint hienach in Folge stärkerer Verdichtung die Isolirung der Sterne und mit ihr die Schwerewirkung sowie die Entwicklung von Licht und Wärme am größten zu seyn. Ist die von Herschel gegen Ende seines Lebens auf den Grund reichlicherer Erfahrungen aufgestellte Ansicht einer Zusammenhäufung der Sterne in der Milchstraße oder die Lehre Humboldt's von einer ringförmigen Bildung des Milchstraßensystems richtig, so erscheint die Annahme

[6]) „Bemerkungen über die Verbindung des gestirnten Theils des Himmels mit dem neblichten" von W. Herschel in Bode's astronom. Jahrb. J. 1818 S. 97.

nicht mehr zu gewagt, daß die weite Kluft, welche unſere Sonne von den übrigen Fixſternen trennt, in den Abſtänden der letzteren unter einander vielleicht keine oder nur wenige ihres Gleichen hat. Mit der Entfernung von dieſer Mitte nimmt die Verdichtung ab und häufen ſich die Geſtirne in verhältnißmäßig kleineren Räumen, ſo daß eine ungeſtörte Bewegung von Planeten zwiſchen ihnen kaum mehr als möglich angenommen werden kann, und verlieren ſich zuletzt in eine ununterſcheidbare Nebelmaſſe. Der matte Schimmer der äußerſten Nebelflecke rührt wahrſcheinlich nicht bloß von ihrer weiten Entfernung, ſondern auch von einer geringeren Leuchtkraft ihres dünnen Stoffes her (§ 36). Die entfernteren Theile des Univerſums befinden ſich demnach auf einer tieferen Stufe der Entwicklung, und es ſteht nichts im Wege, ſie auch als jüngeren Urſprunges zu betrachten [7]).

β) Konſtruktion.

§ 46.

Inſoweit die Entwicklung des Lebens durch die Natur der 3 M bedingt iſt, muß ſie gewiſſe Geſetze befolgen, welche ſich mit Nothwendigkeit aus der Vernunft ableiten laſſen. Aber nicht alle Lebenserſcheinungen beruhen ihrem letzten Grunde nach auf der Natur der 3 M. Die Entwicklung wird durch die unbedingte Macht geleitet, und enthält darum manches Willkührliche, wofür ſich kein Grund auffinden läßt, weil es in der That keinen hat, ſondern aus Freiheit beſtimmt iſt. Dieſes erſcheint daher als zufällig und iſt dem Bereiche der Wiſſenſchaft überhaupt entzogen. So wird ſich z. B. wohl aus der Vernunft ableiten laſſen, daß ſich im Weltraume ein Syſtem von Sternen bilden mußte, welches nach den 3 Dimenſionen des Raumes ausgedehnt iſt. Die Zahl der Sterne, das Verhältniß der Ausdehnung des Syſtems in der Richtung der Milchſtraße und ſenkrecht hiezu ſowie die Spaltung

[7]) Nach der gewöhnlichen Anſicht Derjenigen, welche ſich darin gefallen, die Dimenſionen möglichſt groß zu denken, würde uns das Licht nur von dem Zuſtande Kunde geben, in welchem ſich dieſe Theile vor vielen Millionen Jahren befunden haben. Ob ein ſolanger Zeitraum hinreichend wäre, die gleiche Entwicklung wie in den Centraltheilen des Univerſums herbeizuführen, muß die empiriſche Wiſſenſchaft jedenfalls dahin geſtellt laſſen.

der Milchstraße vom Sternbilde des Schwans gegen die südliche Halbkugel zu lassen sich nur in der Erfahrung auffinden, in keiner Weise aber mehr a priori ableiten. Ebenso wird sich zwar mit Nothwendigkeit begründen lassen, daß die Planeten sich um die Sonne bewegen müssen, ob aber in der Richtung von West nach Ost oder umgekehrt, kann die Vernunft aus sich unmöglich bestimmen. Mag man auch die Bewegung der Planeten aus der in gleicher Richtung vor sich gehenden Rotation der Sonne erklären, und gelänge es sogar, die Rotation der Sonne in dieser Richtung wieder aus anderen Bewegungen in der Region der Fixsterne zu erklären, so würde man am Ende doch zu einer Bewegung gelangen, deren Richtung durch nichts mehr begründet ist, sondern nur noch aus einer freien Bestimmung der unbedingten Macht entsprungen seyn kann. — Eine Konstruktion von Lebenserscheinungen ist daher überhaupt nur in beschränkter Weise möglich, nemlich insoweit die Entwicklung des Lebens der Gesetzmäßigkeit unterliegt.

Denken wir uns nun die Produktion der Stoffe nach § 8 von einem Punkte im Raume aus sich fortsetzend und alle produzirten Stoffe in flüchtigem Zustande, so werden sich die Stoffe mit fortgesetzter Ausdehnung von jenem Punkte aus immer weiter erstrecken, die Stoffe mit fortgesetzter Einschränkung dagegen immer mehr um jenen Punkt ansammeln. Durch die Mischung der Stoffe vermehrt sich mit der Dichtigkeit zugleich die Mannigfaltigkeit der Stoffe, durch welche die Entwicklung, insbesondere des organischen Lebens bedingt ist. Die unbedingte Macht hat es in ihrer Hand, die Produktion so lange fortzusetzen, als sie will, neue Stoffe zu schaffen oder die Bestimmungen der geschaffenen Stoffe wieder aufzuheben und abzuändern. Bei jedesmaliger Begrenzung der Produktion treten die 3 M als Grundkräfte hervor. Sie bestimmen die Form der produzirten Masse, bewegen sie und bewirken dadurch eine Trennung derselben und die Bildung einzelner Weltkörper, welche, wenn die 3 M in ihnen hervortreten (§ 28), selbst wieder zu Mittelpunkten neuer Stoffbildung oder des Wirkens der Grundkräfte werden können [1]).

[1]) Die Dichtigkeit der Planeten nimmt in der Regel mit ihrer Entfernung von der Sonne ab. Aber nicht Neptun, sondern Saturn hat die geringste

Die erſten Folgen von dem Hervortreten der Grundkräfte ſind Wärme und Schwere, jene vom Mittelpunkte ausgehend und darauf gerichtet, alle Stoffe auszudehnen und aufzulöſen, dieſe gegen die Mitte zu, der Ausdehnung und Auflöſung der Stoffe entgegenwirkend. Mit der Hemmung der Produktion vermehrt ſich die Wärme, mit der Zunahme des produzirten Stoffes die Schwere, d. i. die Stärke der ±M in der Verbindung der +M und —M. Hat einmal die ±M den im Stoffe verbundenen beiden anderen M gegenüber das Gleichgewicht erreicht, dann ſucht ſie den Stoff dem flüſſigen Zuſtande zu unterwerfen (§ 12). Durch die Wärme kann ſich zwar der Stoff noch in der Flüchtigkeit erhalten. Wenn aber bei fortſchreitender Produktion die ±M das Uebergewicht über die Wärme erlangt, muß der Stoff, ſoweit ihn die ±M verdichten kann, in den flüſſigen Zuſtand übergehen. Der Uebergang wird nicht bloß in der Mitte ſtattfinden, wo mit der größten Schwere die größte Wärmewirkung zuſammentrifft, ſondern in allen jenen Punkten, wo überhaupt die Temperatur der ±M die Umwandlung des Stoffes geſtattet, wie auch eine feſtwerdende Flüſſigkeit in einem weiten Gefäße von der Kryſtalliſation in vielen Punkten, wo die Bedingungen hiezu gegeben ſind, zugleich ergriffen wird.

Bei dem Uebergange in den flüſſigen Zuſtand verdichtet ſich eine Maſſe flüchtigen Stoffes in einen viel kleineren Raum und nimmt die Kugelgeſtalt an. Jeder ſolche, von der ±M abgegrenzte Körper bildet ein ſelbſtändiges Naturprodukt, worin die Grundkräfte beſonders hervortreten. Die +M kann hiebei vom Mittelpunkte der Kugel aus nicht in der Richtung der Radien wirken, ohne den Weltkörper im Ganzen weiter auszudehnen. Einer ſolchen Ausdehnung widerſetzt ſich die ±M und ohne die Ausdehnung wäre das Hervortreten der +M in dieſer Richtung nicht

Dichtigkeit. Vom Uranus an nimmt die Dichtigkeit wieder zu, und die Sonne hat nicht, wie Kepler noch vermuthete, die größte Dichtigkeit, ſondern ihre Dichtigkeit fällt zwiſchen die des Mars und Jupiters. Dieſe Unregelmäßigkeit im Fortſchreiten der Dichtigkeitsabnahme vom Centrum des Planetenſyſtems kann ihren Grund nur darin haben, daß die Beſtimmungen der Stoffe in ihrer urſprünglichen Lagerung bei der Bildung des Planetenſyſtems durch das Wirken der Grundkräfte, der +M in der Sonne und der —M in Uranus und Neptun abgeändert wurden.

von ihrem ursprünglichen Wirken im Weltkörper zu unterscheiden. Es soll sich aber davon unterscheiden, damit eine Entwicklung stattfinde. Die +M muß also vom Radius abweichend, also mit einer Krümmung gegen die Oberfläche hervortreten und in der Oberfläche von der —M immer wieder begrenzt werden. Da dieses nur gleichförmig in der ganzen Kugel geschehen kann, so trennt sich die äquatoriale Richtung von der axialen und es entsteht der elektrische und magnetische Gegensatz (§ 42). Das fortwährende Hervortreten und Wiederbegrenztwerden der +M in der äquatorialen Richtung bewirkt in jedem Punkte mit Ausnahme der Pole eine beständige Ausdehnung in derselben Richtung, welche durch eine beständige Zusammenziehung der übrigen Theile in der nemlichen Richtung Platz gewinnt, also eine Rotation und mit dieser eine Abplattung an den Polen.

Durch die Zusammenziehung des Stoffes bei dem Uebergange aus dem flüchtigen Zustande in den flüssigen entsteht ein leerer Raum. In diesen können dem sich bildenden Weltkörper weitere Theile des flüchtigen Stoffes, welche sich erst später verdichten, in Form concentrischer Schichten nachfolgen. Diese Schichten werden durch die Schwere von dem Centralkörper angezogen. Sie müssen, weil in ihnen die Grundkräfte noch nicht selbständig hervortreten, an der Rotation desselben Theil nehmen und in Folge dessen sich zu concentrischen Ringen gestalten. Wenn sie aber, ehe sie sich mit dem Centralkörper vereinigt haben, von dem Uebergange in den flüssigen Zustand erfaßt werden, dann sammelt sich in ihnen der Stoff an derjenigen Stelle, wo die Masse des Ringes am größten ist und bildet gleichfalls eine Kugel. Es entstehen auf diese Weise die Planeten.

Wenn von dem gesammelten Stoffe eines solchen Ringes sich Anfangs nur ein Theil zur Flüssigkeit verdichtet, muß der Rest um den Planeten wieder eine oder mehrere concentrische Schichten bilden, welche wieder in Ringe und beim Flüssigwerden je nach dem Uebergewichte ihrer Massen in Kugelform übergehen. Es entstehen die Monde. Um den Saturnkörper scheint es einem solchen Ringe gelungen zu seyn, seine Theile im Gleichgewichte zu erhalten. Er hält seinen Umlauf um diesen Planeten gleich

den übrigen Trabanten desſelben. Auch bei Neptun will man einen ähnlichen Ring mit 2 Monden bemerkt haben.

Mit der Bildung zu ſelbſtändigen Weltkörpern beginnt auch in den Planeten das Hervortreten der Grundkräfte und mit dieſen die Rotation, durch welche jeder Planet ſein eigenes Leben beweiſt. Das Hervortreten der Grundkräfte iſt im Planetenſyſtem am ſtärkſten in der Sonne, ſchwächer in den Planeten, ſteht aber bei dieſen im Verkehre mit den von der Sonne aus wirkenden Grundkräften, wodurch die Natur ſich die Entwicklung des organiſchen Lebens ermöglicht. In den Monden ſcheinen die Grundkräfte nur noch in ſehr geringem Grade hervorzutreten, ſo daß dadurch keine eigene Rotation, ſondern höchſtens nur jene Schwankung entſteht, welche unter dem Namen der Libration des Mondes bekannt iſt. Der Mond kehrt uns bei ſeinem Umlaufe um die Erde immer die nemliche Seite zu und das Gleiche hat ſich auch bei den Monden des Jupiter und Saturn ihren Planeten gegenüber gezeigt und ſcheint überhaupt bei allen Trabanten der Planeten der Fall zu ſeyn. Der Mond ſcheint darum auch der Bedingungen zur Hervorbringung von Organismen, insbeſondere des Waſſers und einer Atmoſphäre beraubt zu ſeyn. Er gewährt den Anblick einer in Erſtarrung übergegangenen Maſſe.

Die Kometen ſcheinen nicht zu dem Gebäude des Planetenſyſtems zu gehören, ſondern die Natur jenes dünnen Lichtdunſtes an ſich zu tragen, aus welchem die Nebelflecke beſtehen. Sie verdanken vielleicht ihren Urſprung dem Verkehre von Kräften, in welchem die Sonne nothwendig mit den übrigen Fixſternen gedacht werden muß. Nur wenige von ihnen ſind mit einem regelmäßigen Umlaufe in elliptiſchen Bahnen bekannt. Die meiſten ſcheinen ſich in paraboliſchen oder hyperboliſchen Bahnen zu bewegen und das Gebiet des Planetenſyſtems zu verlaſſen, um niemals mehr zurückzukehren. Selbſt jene mit elliptiſchen Bahnen wandeln wahrſcheinlich nur als Gäſte unbeſtimmten Aufenthaltes bei uns. Eine Störung durch einen Planeten, dem ſie nahe kommen, kann, wie die Erfahrung lehrt, leicht ihre Bahn verändern und die Erwartung der Wiederkehr, welche die Aſtronomen aus einer elliptiſchen Bahnbewegung bei Kometen berechneten, wurde nicht ſelten ſchon getäuſcht.

b) Die Bewegung der Weltkörper.

§ 47.

Nach dem Geſetze der Schwere zieht ein Weltkörper den andern in gerader Linie an. Newton fand auch, daß die Krümmung, welche der Mond bei ſeinem Umlaufe um die Erde in 1 Sekunde beſchreibt, dem Fallraume entſpricht, welcher ſich nach der Entfernung des Mondes von der Erde in gerader Linie (auf $^{6}/_{10}$ Linien) berechnet. Daß der Mond nicht zufolge dieſer Anziehung in gerader Linie zur Erde fällt, ſondern in einer krummen Linie ſich um dieſelbe bewegt, ſagt man, komme von einer Tangentialkraft her. Worin aber dieſe Kraft ihren Grund habe, iſt bisher noch völlig unaufgeklärt. Die Hypotheſe eines Stoßes in der Richtung der Tangente, welche immer wieder aufgewärmt wird, iſt geradezu unbrauchbar. Denn die Natur kann jene Wirkungen, worauf ihre ganze Entwicklung beruht, unmöglich einem bloßen Zufalle überlaſſen, ſondern muß dieſelben nothwendig durch die den Körpern ſelbſt inwohnenden Grundkräfte erzeugen.

Die $-$M tritt in einem Weltkörper immer erſt nach der $+$M hervor. Die $+$M findet daher bei ihrem Hervortreten nicht ſofort ihre Schranke in dem Weltkörper, ſondern iſt darauf angewieſen, ſie außer demſelben zu ſuchen. Ein Theil der hervortretenden $+$M findet in ihm gar keine Grenze, ſondern ſtrahlt von ihm als Wärme aus und bewirkt dann zunächſt auch in den ihm untergeordneten Weltkörpern eine Erregung der $+$M. Daraus folgt, daß die $+$M, welche z. B. in der Sonne elektriſch in äquatorialer Richtung hervortritt, in den Planeten ſtatt der zu ihrer Begrenzung erforderlichen $-$M die ihr entgegentretende $+$M findet. Die $+$M muß daher beide in der nemlichen Richtung, alſo in jenen Theilen der Sonne, welche dieſe bei der Rotation nach und nach den Planeten zuwendet, abſtoßen. Bei fortſchreitender Rotation wendet ſich jedoch die $+$M in der Sonne immer mehr von dieſer Richtung ab bis zu dem Punkte, in welchem die Oberfläche der Sonne mit ihrem Mittelpunkte und dem des abgeſtoßenen Planeten in eine Ebene fällt, und nähert ſich dann immer mehr der entgegengeſetzten Richtung. In dieſer Richtung fällt die gegen-

ſeitige Abſtoßung hinweg, weil in ihr die +M aus beiden Weltkörpern ſich nicht mehr begegnet, und muß daher der Planet durch die Schwere von der Sonne angezogen werden.

G. E. Pohl hat in dem ſchönen Vortrage, welchen er am 11. Juli 1843 zur Gedächtnißfeier der Begründung des copernikaniſchen Syſtems in Breslau hielt, nachgewieſen, daß der Umlauf der Erde um die Sonne ſich nur erklären läßt aus dem gleichzeitigen Zuſammentreffen einer Anziehung und Abſtoßung, aus welchem ſich die Bahnbewegung der Erde in der Richtung der Diagonale ergibt, wenn man ſich die anziehende und abſtoßende Kraft als wirkend, nicht vom Mittelpunkte, ſondern die anziehende vom weſtlichen und die abſtoßende vom öſtlichen Endpunkte des Sonnendurchmeſſers aus denkt, welcher auf der Verbindungslinie zwiſchen den Mittelpunkten beider Weltkörper ſenkrecht ſteht. Was die Abſtoßung bewirkt und wie es kommt, daß ſich die Anziehung und Abſtoßung zwiſchen zwei entgegengeſetzten Punkten in der Sonnenoberfläche vertheilen, wußte Pohl nicht zu erklären. Er meinte, die Schwere wirke zugleich anziehend und abſtoßend, worin geradezu ein Widerſpruch läge. Die ±M kann allerdings ſowohl anziehend als abſtoßend wirken, aber in der Schwere nur anziehend, und abſtoßend nur inſoferne, als ſie zwei Körper, die ſich mit +M begegnen, trennt, um die +M mit —M zu verbinden.

Wären die Wirkungen der Anziehung und Abſtoßung immer einander gleich, ſo müßte ſich jeder Planet in einer Kreislinie um die Sonne bewegen. Sie müſſen ſich aber bei jedem Umlaufe eines Planeten fortwährend einander ungleich werden, weil ſie von verſchiedenen Grundkräften abhängen, die Anziehung von der ±, die Abſtoßung von der +M. Die ±M tritt zwar in jedem Weltkörper in gleichem Maße mit der +M hervor, aber nicht gleichzeitig, ſondern immer erſt nach der —M. Die Abſtoßung wird alſo immer ſchon einen Theil ihrer Wirkung vollbracht haben, wenn die ±M ihre Wirkſamkeit beginnt. Beide Grundkräfte vermehren ihre Wirkung mit der Annäherung und vermindern ſie mit der Entfernung. Mit der Annäherung beſchleunigt ſich die Bewegung, mit der Entfernung wird ſie langſamer. Die anfängliche Abſtoßung bewirkt, daß ſich jeder Planet von der Sonne entfernt, und wird

erſt allmälig von der Anziehung wieder aufgehoben. Der Planet nähert ſich dann wieder der Sonne. Mit der Annäherung vermehrt ſich zwar auch die Wirkung der Abſtoßung. Da jedoch die Annäherung in beſchleunigtem Laufe geſchieht, kann der Planet nicht bloß zur mittleren Entfernung von der Sonne zurückkehren, ſondern er muß ſich über dieſe hinaus um ebenſo viel weiter der Sonne nähern, als er ſich vorher durch die Abſtoßung von ihr entfernte. Erſt allmälig wird die Anziehung wieder von der Abſtoßung überwunden und der Planet ſich dann wieder von der Sonne entfernen. Weil aber durch die größere Annäherung auch die Abſtoßung eine größere Stärke erlangt hat, kann ſich jetzt deren Wirkung gleichfalls nicht auf die mittlere Entfernung beſchränken, ſondern der Planet muß wieder die frühere Sonnenferne erreichen. Die Planetenbahnen müſſen ſich demnach zu Ellipſen geſtalten, in deren einem Brennpunkte die Sonne ſteht, wie es das I. Kepler'ſche Geſetz beſagt. Aus dem Verhältniſſe der Wirkungen beider Grundkräfte zur Entfernung ergeben ſich auch das II. und III. Kepler'ſche Geſetz, nach welchen der radius vector bei jedem Planeten in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume beſchreibt und die Quadratzahlen der Umlaufszeiten bei verſchiedenen Planeten ſich verhalten wie die Kubikzahlen der mittleren Entfernungen.

Bisher haben wir die Bewegung der Weltkörper nur ſoweit konſtruirt, als ſie von den übergeordneten an den untergeordneten bewirkt wird. Inſoweit jedoch in den untergeordneten Weltkörpern die Grundkräfte ſelbſtändig hervortreten, wie es namentlich bei den Planeten der Fall iſt, werden von ihnen in gleicher Weiſe durch Anziehung und Abſtoßung auch die übergeordneten bewegt. Genau genommen bildet daher nicht der Mittelpunkt der Sonne den Brennpunkt der Ellipſe, um welchen ſich jeder Planet bewegt, ſondern die Wechſelwirkung zwiſchen der Sonne und jedem einzelnen Planeten hat zur Folge, daß ſich beide in elliptiſchen Bahnen um einen gemeinſamen Schwerpunkt bewegen. Hiebei hat freilich die Sonne ein ſolches Uebergewicht, daß der Unterſchied dieſes Schwerpunktes von dem Mittelpunkte der Sonne nur ein geringer iſt und bei den meiſten Planeten nicht über den Sonnenkörper hinausreicht. Ueberdies be-

wirkt die große Anzahl der auf allen Seiten um die Sonne ſich bewegenden Planeten, daß deren Rückwirkung auf die Sonne ſich immer mehr oder minder ausgleicht.

Die Gegenſeitigkeit der Anziehung und Abſtoßung zeigt ſich dagegen deutlich in den Bewegungen der Fixſterne. Bei der Beobachtung der Doppelſterne hat ſich herausgeſtellt, daß ſich dieſelben gewöhnlich um einen gemeinſamen Schwerpunkt drehen, der entſchieden außer ihnen gelegen iſt, und die Bahnbewegung der Sonne, wenn ſie einmal erwieſen iſt, wird ſich gleichfalls nur aus einem Zuſammenwirken der Grundkräfte in der Sonne und den übrigen Fixſternen erklären laſſen.

c) Die Bildung der Erde.

§ 48.

Die Verdichtung des flüchtigen Stoffes zur Flüſſigkeit bei der Bildung der Weltkörper konnte zwar von einem Syſteme zum andern, von der Sonne zu den Planeten, von einem Planeten zum andern und von den Hauptplaneten zu den Nebenplaneten ſtufenweiſe fortſchreiten. Die Verdichtung des einzelnen Weltkörpers dagegen, welche nicht eher beginnen konnte, als bis die $\pm$M die erforderliche Stärke erlangt hatte, um die ganze Quantität ſeines Stoffes zu bewältigen, iſt nur als eine plötzlich vor ſich gehende zu denken. Folge davon mußte nach § 33 ſeyn, daß ſeine Temperatur ſich erhöhte und ſeine Maſſe in jene Glühhitze gerieth, welche nach der Meinung der Geologen den urſprünglichen Zuſtand der Erde bildete. Damit mußte die Verſchiedenheit der in der Erde verbundenen Stoffe hervortreten. Ein Theil davon, welcher von der $\pm$M ſchwerer bezwungen werden konnte, kehrte, durch die Hitze befreit, wieder in die flüchtige Form zurück und lagerte ſich als Atmoſphäre um den flüſſigen Körper. Je mehr ferner die Erde durch Wärmeausſtrahlung ſich abkühlte, deſto mehr mußten die chemiſchen Kräfte der verſchiedenen Stoffe zur Wirkſamkeit gelangen. Durch die Verbindung der Metalle und Metalloide mit Sauerſtoff entſtanden die verſchiedenen Erdarten und Metalloxyde und durch deren Verbindung die Silikate des Granits und die übrigen Beſtandtheile der Erdrinde, welche allmälig durch Kryſtalliſation feſt wurde, und bei weiterer Ab-

kühlung bildeten ſich durch Niederſchlag des Waſſerdampfes die Meere.

Je mehr die +M ſich in der Befeſtigung beſtimmten Stoffen zuwendete, deſto weniger vermochte ſie mehr die übrigen zu bewältigen. Es ergab ſich ſomit auf der Erdoberfläche der Unterſchied der drei Aggregatzuſtände, nemlich der feſte Erdkörper, umgeben von der flüchtigen Atmosphäre, und beide vermittelnd die flüſſige Maſſe des Waſſers. Damit ſind die Bedingungen zur Entwicklung des organiſchen Lebens geſchaffen, welches wir jetzt zu betrachten haben.

B. Das Leben der organiſchen Natur.

§ 49.

Das Wirken der Grundkräfte in der lebloſen Natur iſt immer Folge eines geſtörten Gleichgewichts, welches wieder hergeſtellt wird, und bietet nur eine vorübergehende Erſcheinung. In jedem elektriſchen oder chemiſchen Prozeſſe entladen ſich beſtimmte Quantitäten von Grundkräften, welche gegen einander in Spannung geriethen. Bei jeder Wärmeſtrahlung gibt der wärmere Körper an den kälteren Wärme nur ſolange ab, bis der Temperaturunterſchied ausgeglichen iſt. Die Wirkung entſpricht immer genau dem Quantum der ſich entladenden Grundkräfte, und mit deren Entladung iſt der Prozeß zu Ende, das Gleichgewicht wieder hergeſtellt.

Leblos iſt indeſſen die Natur nicht im Ganzen, ſondern nur in einzelnen Produkten, in welchen ihre Lebensthätigkeit vorübergehend zum Stillſtande gelangt. Im Ganzen zeigt ſich das Leben der Natur in den Bewegungen und der Wechſelwirkung der Weltkörper. Jede Lebenserſcheinung entſteht hier durch ein fortdauerndes und gleichartiges Wirken der Grundkräfte.

In der organiſchen Natur finden wir dagegen Produkte, an welchen das Leben fortwährend die verſchiedenartigſten Erſcheinungen, Bewegung, Wachsthum und alle möglichen Prozeſſe, wie ſie in der unorganiſchen Natur einzeln vorkommen, in der Vereinigung darbietet. Dieſe Produkte müſſen daher das Vermögen haben, die Grundkräfte aus ſich ſelbſt zu entwickeln und durch ſie die manigfaltigſten Wirkungen hervor-

zubringen. Ein Produkt, welches auf ſolche Weiſe ſelbſt zur Quelle der 3 M wird, kann ſeine Exiſtenz nicht mehr einem Zuſammenwirken der 3 M in beſtimmten Quantitäten verdanken. Es kann überhaupt nicht mehr bloßes Produkt, ſondern muß zugleich produktiv und Produkt ſeiner eigenen Produktivität ſeyn. Als Naturprodukt muß es mit den übrigen Produkten der Natur in Wechſelwirkung ſtehen. Vermöge ſeiner eigenen Produktivität nimmt es aber nicht bloß Theil an dem allgemeinen Leben der Natur, ſondern hat für ſich ein beſonderes Leben. Es muß alſo in der Wechſelwirkung ſich ſelbſt produziren und erhalten. Produkte, welche hiezu eingerichtet ſind, nennt man organiſche.

Ehe wir zur Konſtruktion des organiſchen Lebens übergehen, wollen wir zuvor noch betrachten, welche Aufſchlüſſe uns über deſſen Entſtehung die empiriſche Naturwiſſenſchaft zu geben vermag.

a) Die Entſtehung des organiſchen Lebens.

α) Ergebniſſe der empiriſchen Naturforſchung.

AA. über die Annahme einer Urzeugung gegenüber der Entſtehung aus präformirten Keimen.

§ 50.

Weil man nur bei den höheren Formen des Thier- und Pflanzenreiches eine Zeugung durch ſchon vorhandene Organismen beobachtete, glaubte man in alter Zeit, daß die Natur die Kraft habe, die niederen Formen wie den Schimmel, die Pilze, Würmer und Inſekten und überhaupt die unter dem Namen des Ungeziefers begriffenen Thiere unmittelbar hervorzubringen. Man nannte dieſe Art der Hervorbringung eine uneigentliche oder auf freier Thätigkeit beruhende Zeugung (generatio aequivoca sive spontanea) auch Urzeugung und glaubte, daß ſie beſonders durch Fäulniß begünſtiget werde. Im 17. Jahrhunderte entdeckte jedoch Redi, daß die Maden, welche im faulenden Fleiſche wachſen, aus Eiern entſtehen, welche vorher von Inſekten hineingelegt werden. Man beobachtete nun genauer und fand, daß auch die aus Pflanzen hervorwachſenden Inſekten einen ähnlichen Urſprung nehmen. Bei Anwendung des Mikroskops zeigte ſich, daß die Mücken, Flöhe und kleinſten Inſekten mit Zeugungsorganen verſehen ſind, und

da sich die Nachweise organisirter Keime als Entstehungsgrund von Organismen überhaupt immer mehr häuften, stellte man den Satz auf: Omne vivum ex ovo.

Die Entdeckung der Infusorien in Aufgüssen von reinem Wasser auf faulende Stoffe von Pflanzen und Thieren, nach Gruithuisen und Burdach sogar auch auf Granit, Kreide und Marmor, diente zwar eine Zeit lang noch den Anhängern der alten Lehre von der Urzeugung zur Stütze. Neuere Erfahrungen scheinen jedoch kaum mehr einen Zweifel zu gestatten, daß auch hier das Auftreten des organischen Lebens kein vollkommen neues, sondern ein durch eigentliche Zeugung vermitteltes ist. Ehrenberg machte vielfache Beobachtungen über die Leichtigkeit, mit welcher sich die Infusionsthierchen vermehren. Nach ihm soll die Luft mit Eiern derselben erfüllt seyn, welche so klein sind, daß sie die Poren verschlossener Gefäße durchdringen. Diese Eier entwickeln sich in der mit faulen Stoffen angefüllten Flüssigkeit und vermehren sich in wenigen Stunden millionenfach. Pasteur bewies, daß Aufgüsse, in welchen alle organischen Keime durch Siedhitze zerstört wurden, von Infusorien nicht nur dann frei bleiben, wenn gar keine atmosphärische Luft mit ihnen in Berührung kommt, sondern auch dann, wenn nur solcher Luft Zutritt gestattet ist, welche durch Ausglühen, concentrirte Schwefelsäure, Kalilösung oder durch Filtriren mittels eines Baumwollpfropfes gehörig gereiniget ist. Wurde ungereinigte Luft nur in beschränkter Menge zugelassen, dann entwickelten sich die Infusorien langsam und oft in jedem Gefäße eine andere Art. Wurde ihr der Zutritt in unbeschränkter Menge gestattet, dann erschienen die Infusorien schneller, in größerer Zahl und immer die nemlichen, gewöhnlich die am meisten verbreiteten Arten.

Andere Erscheinungen, welche ehedem noch für die generatio aequivoca zu sprechen schienen, haben nun ihre Beweiskraft gleichfalls verloren. Das Wachsen des Schimmels auf alt gewordenen Speisen erklärt sich aus der Verbreitung seiner Keime. Die Pilze vermehren sich durch Staubsamen oder sogen. Sporen und erzeugen diese in großer Menge. Fries fand in einem einzigen Bauchpilze deren gegen 10 Millionen. Die Sporen sind so fein und leicht, daß sie sich wie Rauch in die Atmosphäre zerstreuen und entwickeln

ihre Keimkraft, wenn ſie beim Niederfallen mit feuchten, insbeſondere mit gährenden oder faulenden Stoffen in Berührung kommen. Das Vorkommen des Schimmels im Innern der Eier und geſchloſſenen Schalen der Steinfrüchte erhielt ſeine Erklärung dadurch, daß die Fäden, welche aus den außen angelegten Keimen hervorwachſen, die Schalen durchbohren und in das Innere eindringen. Das Entſtehen von Paraſiten im Innern anderer Organismen, z. B. des Drehwurms im Gehirn der Schafe, ergab ſich als Folge der Einwanderung eines Mutterthieres. Die bis jetzt noch nicht aufgeklärten Erſcheinungen endlich, wie die Erzeugung von Milben durch Einwirkung des galvaniſchen Stromes auf eine kieſelſaure Kalilöſung von Croſſe in Bromfield, ſind, abgeſehen von den hiegegen erhobenen thatſächlichen Bedenken, ſo vereinzelnt, daß ſie nicht in Betracht kommen können.

Alle bisherigen Erfahrungen drängen zu der Annahme, daß jeder Organismus ſeinen Urſprung anderen Organismen verdankt. Die Unmöglichkeit einer Urzeugung iſt zwar dadurch nicht bewieſen. Die Urzeugung hat aber auch nicht eine einzige ſichere Erfahrung für ſich, und das gilt in den Augen der empiriſchen Naturwiſſenſchaft gewöhnlich ſchon ſoviel wie ein Todesurtheil. Um die Urzeugung einigermaßen wahrſcheinlich zu machen, bemerkt Nägeli, es ſey nicht ausgeſchloſſen, daß die in der Luft verbreiteten Stäubchen, durch welche die Infuſorien entſtehen, keine organiſirten Keime ſeyen, ſondern bloß von Splittern pflanzlicher und thieriſcher Gewebe herrühren. Dieſe enthielten immer geringe Mengen von Proteïnſtoffen, welche, ſobald ſie befeuchtet werden, in Umſetzung gerathen. Komme ein ſolches Stäubchen mit gekochter organiſcher Subſtanz in Berührung, ſo trage es durch Contakt die chemiſche Bewegung auf dieſelbe über, und hieraus könnten Pilze und Infuſorien ebenſo durch Urzeugung wie aus Keimen entſtehen [1]).

Wenn jedoch zur Entſtehung eines Organismus immer ſchon wenigſtens ein Splitter von einem andern Organismus erfordert wird, dann ſetzt das organiſche Leben in's Unendliche fort ſich ſelbſt voraus. Ein ſolcher regressus in infinitum käme zwar der

[1]) „Entſtehung und Begriff der naturhiſtoriſchen Art." 1865 S. 13 u. 40.

Naturwissenschaft insoferne gelegen, als sie dadurch der Nothwendigkeit überhoben würde, die Entstehung des organischen Lebens auf der Erde im Ganzen zu erklären. Anderseits würde sie sich aber damit selbst widersprechen. Die Lehre, daß die Erde sich einst in einem feuerflüssigen Zustande befunden habe, ist zur herrschenden Grundlage der Geologie geworden und kann nicht mehr aufgegeben werden. Solange aber dieser Zustand dauerte, konnten auf der Erde keine Organismen existiren. Durch die Veränderung, welcher die zum organischen Leben erforderlichen eiweißartigen Stoffe bei einer Temperatur über 75° C. unterliegen, hätten alle Organismen zu Grunde gehen müssen. In den ältesten Gebirgsformationen findet sich auch noch keine sichere Spur eines organischen Lebens.

Wer noch einen weiten Weg vor sich hat, aber aus Ermüdung nicht mehr zu gehen vermag, ist froh, in der Nähe einen Platz zu finden, wo er ausruhen kann. So erscheint auch der regressus in infinitum Manchem auf dem weitem Wege zur Entstehung des organischen Lebens wie ein einladendes Ruhekissen. Um sich hierauf einer ungestörten Ruhe überlassen zu können, hat man gegen die Unmöglichkeit eines organischen Lebens auf der Erde im feurig flüssigen Zustande erinnert, daß die durch die Glühhitze des Erdkörpers ausgedehnte Atmosphäre schon damals in ihren höchsten Regionen eine Temperatur gehabt haben müsse, welche den Bestand von Organismen, wenigstens der niedersten Art, der sogen. Protisten möglich gemacht habe[2]). Die Frage, ob derartige Organismen so lange Zeit, als der feurig flüssige Zustand der Erde dauerte, in der Luft allein und ohne jemals mit einem festen oder flüssigen Körper in Berührung zu kommen, sich hätten erhalten und fortpflanzen, und ob dieses insbesondere bei einer solchen Verdünnung der Luft hätte geschehen können, wie sie in den äußersten Schichten der durch die Hitze ausgedehnten Atmosphäre vorausgesetzt werden müßte, wurde hiebei nicht gedacht. Man weiß auch nicht, wie hiebei die Erhitzung der Erde zu denken seyn sollte. Nach der von den Geologen angenommenen Hypothese von Kant und Laplace war die Erde ursprünglich ein

[2]) Beil. zur allg. Zeitung 1873 Nr. 301 u. 302.

Gasball, der erſt durch Kontraktion in Hitze gerieth. Die Kontraktion könnte nach § 46 und 48 nur als eine plötzliche und die dadurch entſtandene Hitze nur als eine auf die ganze Gasmaſſe ſich erſtreckende gedacht werden. Die Ausdehnung und Abkühlung wäre erſt ſpäter eingetreten und inzwiſchen hätten alle etwa darin befindlichen Organismen zu Grunde gehen müſſen. Wollte man ſich aber auch hier wieder auf das nemliche Ruhekiſſen legen und annehmen, daß die Erde von Ewigkeit her innerlich erhitzt und in den äußerſten Schichten ihrer Atmosphäre abgekühlt geweſen ſey, ſo bräuchte man bei der Frage nach der Urſache hievon wieder eine neue in infinitum zurückreichende Hypotheſe, und ein Naturforſcher, der auf dieſe Weiſe einen Zuſtand nach dem andern, ſtatt ihn zu erklären, in die Ewigkeit verſetzt, befindet ſich bereits in einem Gedankenſchlafe, aus dem er nur ſchwer durch weitere Fragen mehr erweckt werden kann.

Man dachte ſogar auch noch daran, das organiſche Leben auf der Erde aus Keimen abzuleiten, welche der Erde von andern Weltkörpern zugekommen ſeyn ſollten. Dieſer Erklärungsverſuch fand jedoch ſchon in dem Gravitationsgeſetze eine unüberwindliche Schwierigkeit. Auch war nicht einzuſehen, wie ein ſolcher Transport von Keimen ohne Vernichtung ihrer Lebensfähigkeit hätte ſtattfinden können. Dieſer Gedanke hatte ſich daher von Seite der Naturforſcher keiner beſonderen Theilnahme zu erfreuen.

Für die Entſtehung der organiſchen Natur auf der Erde im Ganzen bleibt alſo doch die Annahme einer Urzeugung unabweisbar, und es fragt ſich nur, wie man ſich dieſelbe zu denken habe. Die empiriſche Naturwiſſenſchaft findet keine andere Vorſtellung als die Entſtehung des Organiſchen aus dem Unorganiſchen und kann keine andere finden. Denn nach Hinwegnahme der organiſchen Natur findet ſie überhaupt nichts mehr als die unorganiſche Natur, und daß dieſe eine nothwendige Vorausſetzung der organiſchen bildet, erhellt ſchon daraus, daß kein Organismus leben kann ohne Nahrung und Athmen. Zum Athmen brauchen Pflanzen und Thiere die Luft. Zur Nahrung bedürfen die Pflanzen die Stoffe aus der unorganiſchen Natur und aus den Pflanzen ernähren ſich die Thiere. Nun ſoll aber die empiriſche Naturwiſſenſchaft erklären, auf welche Weiſe das

Organiſche aus dem Unorganiſchen entſteht, — und hier iſt der Punkt, wo wir uns von dieſer Wiſſenſchaft gänzlich verlaſſen ſehen.

BB. über die Entſtehung des Organiſchen aus dem Unorganiſchen.

§ 51.

Die chemiſche Zerſetzung organiſcher Körper beweiſt, daß ſie aus denſelben Grundſtoffen beſtehen wie die unorganiſchen Körper und daß die Grundſtoffe auch in ihnen nach den Geſetzen der ſtöchiometriſchen Verhältniſſe verbunden ſind, jedoch auf andere Weiſe. In den unorganiſchen Körpern finden wir immer nur einen Grundſtoff mit einem andern oder eine Verbindung von Grundſtoffen mit einer andern ſolchen Verbindung, niemals aber 3 oder mehrere Grundſtoffe gleichmäßig mit einander oder einen Grundſtoff mit einer Verbindung zuſammengeſetzt. In den organiſchen Körpern ſind dagegen 2, 3 oder mehrere Grundſtoffe mit einander zu einem ſogen. Radikal verbunden, welches den übrigen Grundſtoffen gegenüber wieder die Stelle eines Grundſtoffes vertritt und ſowohl mit dieſen als mit andern Radikalen in weitere Verbindung treten kann.

Dieſer Eigenthümlichkeit wegen glaubte man einmal, daß organiſche Stoffe nicht auf chemiſchem Wege hervorgebracht werden könnten. Im Jahre 1828 gelang es jedoch dem berühmten Chemiker Wöhler, Harnſtoff aus cyanſaurem Ammoniumoxyd zu bereiten, welches durch eine künſtliche Verbindung von Stickſtoff, Kohlenſtoff, Waſſerſtoff und Sauerſtoff hergeſtellt werden kann, und ſpäter fand die Chemie Mittel, auf ähnliche Weiſe eine Menge anderer Stoffe zu erzeugen, welche ſonſt nur in Organismen vorkommen oder aus organiſchen Produkten gewonnen werden können, wie die Ameiſenſäure, der Alkohol, die Eſſigſäure, Kleeſäure, Krokonſäure, das Taurin, die Milchſäure, viele Fettſäuren und Fette. — Alle dieſe Stoffe gehören übrigens nicht zu jenen, aus welchen die Organe der lebenden Weſen beſtehen, ſondern nur zu jenen, welche dieſe entweder, wie die Milchſäure, aus den Nahrungsſtoffen bereiten, um daraus die Organe zu bilden, oder welche, wie der Harnſtoff, bei der Rückbildung entſtehen und dazu beſtimmt ſind, als unbrauchbar von dem Organismus ausgeſchieden zu werden, oder welche, wie das

thieriſche Fett, zwiſchen den Geweben abgelagert werden, um im Bedürfnißfalle für den Lebensprozeß verwendet werden zu können. Schon *dieſe* Stoffe laſſen ſich chemiſch nicht durch einfache Zuſammenſetzung, ſondern größtentheils nur auf Umwegen durch Vermittlung anderer Stoffe und mit nicht geringen Schwierigkeiten zu Stande bringen. Je mehr ein Stoff diejenige Beſchaffenheit annimmt, welche ihn zur Aufnahme in den Organismus mit organiſcher Form befähigt, deſto ſchwerer ſcheint es der Chemie zu werden, durch Nachbildung der Natur zu folgen. Das Eiweiß, welches dem Uebergange in die Organe näher ſteht, konnte bisher noch *nicht* künſtlich erzeugt werden.

Der Chemie iſt es ferner noch nie gelungen, einen Körper mit organiſcher *Form* hervorzubringen. Die organiſche Form beſteht in einer ſolchen Einrichtung, welche es dem Stoffe möglich macht, dem Lebensprozeſſe zu dienen. Dazu gehört bei jedem Organe eine gewiſſe Abgliederung, wobei die Theile eine *verſchiedene chemiſche Beſchaffenheit* und *Aggregation* annehmen, die einen mehr oder minder feſt werden, während die andern im flüſſigen Zuſtande verharren. Daß hier das Feſtwerden nicht auf gleiche Weiſe wie bei der Kryſtalliſation unorganiſcher Körper geſchieht, zeigt ſich ſchon darin, daß die Formen der organiſchen Körper ſtatt der geraden Linien und Flächen durchaus krumme annehmen. Die ebenen Flächen, in welchen ſich die Pflanzenzellen bisweilen begrenzen, haben ihren Grund in äußeren Hinderniſſen ihrer Ausdehnung, und die kryſtalliſirten Körper, welche ſich manchmal in organiſchen finden, wie z. B. die Hämatinkryſtalle im Gehirne eines von Apoplexie Getroffenen, bilden ſich aus abgelagerten Stoffen, welche für den Organismus unbrauchbar geworden ſind.

Die Elementarform des organiſchen Lebens iſt die *Zelle*. Alle Organismen im Thier- und Pflanzenreiche beſtehen aus Zellen und wachſen durch Vermehrung der Zellen. Nach der Erfahrung entſteht aber eine Zelle immer nur durch die Lebensthätigkeit einer *andern* Zelle. Omnis cellula e cellula. Dieſes gilt nicht bloß für einen einzelnen Organismus, ſondern auch für die Abſtammung der Organismen von einander. Denn die Fort-

pflanzungszellen, aus welchen ein neuer Organismus entſtehen ſoll, werden im mütterlichen Organismus gleichfalls nur durch die Lebensthätigkeit einer anderen Zelle erzeugt. Hienach ſchien es ſich bei der Frage nach der Entſtehung des Organiſchen aus dem Unorganiſchen bloß um die Erklärung der erſten Zelle zu handeln. Wären nur einmal für dieſe die Entſtehungsurſachen in der unorganiſchen Natur gefunden, meinte man, dann würde ſich aus ihr durch Produktion neuer Zellen die Bildung eines aus Zellen zuſammengeſetzten Organismus und am Ende ſelbſt die Entwicklung der geſammten organiſchen Natur begreifen laſſen.

Man berief ſich nun auf den verändernden Einfluß, welchen äußere Kräfte auf die chemiſchen Eigenſchaften und die Aggregationsformen der Stoffe auszuüben im Stande ſind. Die bloße mechaniſche Bewegung z. B. genügt ſchon, um das an eine Sägmühle gehängte ſchwarze, amorphe Schwefelqueckſilber in kryſtalliniſchen Zinnober zu verwandeln. Je nach dem Temperaturunterſchiede des Waſſers, aus welchem kohlenſaurer Kalk kryſtalliſirt, wird dieſer entweder isländiſcher Doppelſpat oder Arragonit. Das Licht bewirkt, daß ſich Stoffe verbinden oder trennen, welche in der Dunkelheit keine chemiſche Wirkung äußern. Der elektriſche Strom zerſetzt das Waſſer in Waſſerſtoff und Sauerſtoff und der elektriſche Funke verbindet beide Beſtandtheile wieder mit einander zu Waſſer. — Wenn auf ſolche Weiſe äußere Kräfte der chemiſchen Anziehung zu Hülfe kämen, meint man, könnten dadurch die Atome der Grundſtoffe in die verſchiedenartigſte Lage zu einander gebracht und zu den verſchiedenſten Formen verbunden werden. In Folge deſſen würden dann die durch ihre Verbindung hervorgebrachten Stoffe verſchiedene Eigenſchaften annehmen und verſchiedene Kräfte entwickeln, wodurch die Körpertheile mit einander in Wechſelwirkung treten und die Verrichtungen des Lebens herbeiführen. „Der einzige Grundunterſchied zwiſchen organiſcher und unorganiſcher Materie“, ſagt Moleſchott, „beſteht darin, daß der organiſche Stoff eine weit mehr zuſammengeſetzte Miſchung beſitzt.“ — „Wenn wir Licht und Wärme und Luftdruck ebenſo beherrſchen könnten, wie die Gewichtsverhältniſſe des Stoffes, dann würden wir nicht nur viel öfter als jetzt im Stande ſeyn, organiſche Verbindungen zu miſchen, wir würden auch die

Bedingungen zur Entſtehung organiſirter Formen erfüllen können.“ [1])

Eine ſo kecke Behauptung läßt ſich jedoch nur dann aufſtellen, wenn man darauf rechnet, daß ſich Jedermann über die „Bedingungen zur Entſtehung organiſcher Formen“ im Unklaren befindet. Daß Moleſchott ſelbſt hiebei nicht die geringſte Vorſtellung davon hatte, *wie* ſich bei vollkommener Herrſchaft über Licht, Wärme und Luftdruck eine organiſche Form zu Stande bringen ließe, können wir ſicher ſeyn. Mag man ſich das Wirken äußerer Kräfte überhaupt denken, wie man will, ſo erklärt ſich hieraus höchſtens nur ein Körper mit manigfaltigen Formen, niemals aber ein lebendiger Körper, welcher *fortwährend thätig* iſt. Hiezu kann das Vermögen einem Körper niemals durch *äußere* Kräfte beigebracht werden.

Jede Kraft iſt auf eine beſtimmte Wirkung gerichtet und vollendet dieſe durch Ueberwindung entgegengeſetzter Kräfte umſo ſicherer, je länger ſie wirkt. Das Licht zerſetzt bekanntlich Silberſalze. Hat es aber ein Silberſalz vollkommen zerſetzt, dann iſt ſeine Wirkung zu Ende. Die grünen Pflanzen zerſetzen im Sonnenlichte Kohlenſäure, welche ſowohl in der Atmoſphäre ihnen zukommt als auch durch die Wurzeln von ihnen aufgenommen und den Blättern zugeführt wird. Beſitzt die Pflanze bereits die zu dieſer Zerſetzung erforderliche Einrichtung, dann begreift ſich leicht, daß die Zerſetzung ſolange fortdauert, als die Pflanze von der Sonne beſchienen wird und ihr Kohlenſäure zuſtrömt. Hiebei haben wir aber die Pflanze ſchon fertig vorausgeſetzt. Wollen wir ihre Entſtehung erklären, ſo müſſen wir ihr ſelbſt wieder die Zerſetzung vorausgehen laſſen; denn ſie bedarf des Kohlenſtoffes zu ihrer Ernährung und zerſetzt die Kohlenſäure nur darum, um ſich den Kohlenſtoff derſelben anzueignen. Außerdem braucht ſie zur Bildung ihrer Organe noch andere Stoffe, namentlich auch den Sauerſtoff, welchen ſie ſich vom Lichte niemals ganz entreißen laſſen darf. Sie bereitet ſich ſolchen durch Zerſetzung des Waſſers und haucht ihn theilweiſe bei Tag rein, bei Nacht verbunden mit Kohlenſtoff als Kohlenſäure aus. Zur Erklärung

[1]) „Der Kreislauf des Lebens“ IV. Aufl. S. 379 u. 381.

der Pflanze müßten wir also wissen, warum die Stoffe, aus welchen sie besteht, sich in ihr gerade auf die bestimmte Art verbunden haben und woher es kommt, daß die Prozesse der Aufnahme, Zersetzung und Ausscheidung von Stoffen in ihr fortdauern. Eine äußere Kraft könnte zwar bewirken, daß sich die Stoffe in ihr chemisch anders verbinden. Sie könnte aber nicht entgegengesetzt wirken, nicht Stoffe verbinden und wieder auflösen. Es könnten also nicht gewisse Stoffe austreten und andere mit denselben chemischen Kräften an deren Stelle eintreten. Es fände kein Stoffwechsel und keine Thätigkeit mehr Statt, sondern mit der Verbindung der Stoffe hätten sowohl die chemischen Kräfte derselben als auch die äußere Kraft ihre Wirkung vollendet.

Es hilft auch nichts, wenn wir statt einer äußeren Kraft eine Mehrzahl solcher Kräfte auf die chemische Verbindung einwirken lassen. Um dadurch die Erscheinung fortwährender Thätigkeit in einem Körper hervorzurufen, würde es nicht genügen, wenn er nur einer beständigen Wechselwirkung mit den äußeren Kräften ausgesetzt wäre, sondern jede Wirkung einer solchen Kraft müßte in ihm durch die einer andern Kraft wieder aufgehoben werden. Ohne solche Wiederaufhebung würde er nothwendig durch die äußeren Kräfte entweder aufgelöst oder einem andern, nicht mehr sich ändernden Zustande entgegengeführt. Nun sind aber äußere Kräfte für einen Körper immer nur etwas Zufälliges. Es ist kein Grund abzusehen, warum mit der Wirkung einer solchen Kraft immer die Wirkung einer anderen gerade in der Art zusammentreffen sollte, daß jene durch diese aufgehoben wird. Die Thätigkeiten in einem Organismus sind aber nicht zufällig, sondern darauf gerichtet, ihn zu erhalten und sein Wachsthum und seine Fortpflanzung zu bewirken. Dieses ist nur dann zu begreifen, wenn im Organismus selbst ein Grund gelegen ist, aus welchem auf jede Einwirkung von außen in ihm nothwendig eine entsprechende Gegenwirkung erfolgen muß, und wenn auch jede Vermehrung seines Stoffes aus dem nemlichen Grunde geschieht. In den chemischen Kräften der Stoffe, welche sich unter dem Einflusse äußerer Kräfte verbinden sollen, kann ein solcher Grund nicht gefunden werden. Auch sie könnten immer nur auf

bestimmte Weise wirken und ihr Zusammenwirken mit den äußeren Kräften müßte nothwendig auf die Hervorbringung eines Gleichgewichtszustandes gerichtet seyn, wodurch jede Selbstthätigkeit des Produktes ausgeschlossen würde.

β) Die Hypothese einer besonderen Lebenskraft.

§ 52.

Die Unmöglichkeit, das organische Leben aus den chemischen Kräften der Stoffe und äußeren Kräften zu erklären, gab Anlaß, in jedem Organismus eine eigene Kraft anzunehmen, welche man „Lebenskraft" nannte. Durch sie sollten die chemischen Kräfte der Stoffe, welche sich zur Bildung eines Organismus vereinigen, modifizirt, die organischen Verbindungen der Stoffe in der von den unorganischen Verbindungen abweichenden Weise hergestellt und zusammengehalten und die Funktionen der einzelnen Organe auf eine den Kräften der unorganischen Natur analoge, übrigens unerklärliche Weise hervorgerufen werden. Ihrem Zurücktreten endlich glaubte man es zuschreiben zu sollen, daß im Tode die organischen Verbindungen sich auflösen und die organischen Körper der Verwesung anheimfallen.

Burdach, Joh. von Müller, Liebig, Burmeister, Rud. Wagner, Bischoff u. A. erklärten die Lebenskraft als eine unentbehrliche Voraussetzung zum Verständnisse des organischen Lebens. Von Du Bois Reymond, Schleiden, Moleschott u. A. wird dagegen diese Annahme auf das Heftigste bekämpft. Auch Virchow möchte derselben gerne los werden. Er gibt sich alle Mühe, die Lebenskraft des Charakters einer besonderen Kraft zu entkleiden. Er wagt es nicht, sie „eine von anderen Naturkräften spezifisch verschiedene" oder auch nur „eine einfache" zu nennen, und hält daran fest, daß „die Lebensvorgänge durchaus nur ein mechanisches Resultat der den konstituirenden Körpertheilen inhärirenden Molekularkräfte" seyen, findet aber doch auch keine Möglichkeit, in ihr eine der übrigen Naturkräfte wieder zu erkennen oder sie geradezu als eine Zusammensetzung aus diesen zu erklären oder die den Körpertheilen inhärirenden Molekularkräfte ohneweiters an ihre Stelle zu setzen, sondern gesteht zu,

daß das Wort „Lebenskraft“ nicht zu entbehren ſey, weil ſich für das, was es bezeichne, ein anderer Ausdruck nicht auffinden laſſe.[1])

Bedient man ſich des Wortes „Lebenskraft“ bloß zur Bezeichnung der unbekannten Urſache des organiſchen Lebens, dann kann man dieſen Ausdruck inſoferne für unentbehrlich halten, als man genöthigt iſt, jene unbekannte Urſache mindeſtens zu bezeichnen. Wenn man ſich aber, wie es gewöhnlich geſchieht, die Lebenskraft und die Stoffe, welche durch ſie verbunden und zuſammengehalten werden ſollen, als Gegenſätze und von einander unabhängig denkt, dann hat man ſich nicht mehr darauf beſchränkt, jene Urſache als eine unbekannte zu bezeichnen, ſondern man hat ſich davon ſchon einen beſtimmten Begriff, und zwar, wie wir bald ſehen werden, einen unrichtigen gemacht. Bei dem Gebrauche des Wortes in dieſem Sinne müſſen wir jenen Schriftſtellern beiſtimmen, welche die Annahme einer beſonderen Lebenskraft für wiſſenſchaftliche Unterſuchungen ausgeſchloſſen haben wollen.

Die Lebenskraft ſoll die Atome der Stoffe, welche ſie in ihre Gewalt bekommt, unverändert laſſen und nur die Wirkung ihrer chemiſchen Kräfte verändern. Nun läßt ſich zwar wohl denken, wie die Wirkung einer Kraft durch eine andere, wenn ſie ihr gleich wirkt, vermehrt, und wenn ſie ihr entgegengeſetzt wirkt, vermindert oder aufgehoben wird. Würde die Lebenskraft nur auf ſolche Weiſe den chemiſchen Kräften der Stoffatome gleich oder entgegengeſetzt wirken, dann wäre ſie ſelbſt den chemiſchen Kräften gleichartig und durch ihren Hinzutritt würde ſich weiter nichts ändern, als das quantitative Verhältniß der chemiſchen Kräfte in den zum Organismus verbundenen Stoffen. So will und kann man ſich aber die Lebenskraft nicht vorſtellen. Denn die Erfahrung zeigt uns die Wirkungen der chemiſchen Kräfte im Organismus nicht einfach, ſondern auf mannigfaltige, ja vielfach auf entgegengeſetzte Weiſe geändert. Das Leben verbindet einmal gewiſſe Stoffe und löſt dann wieder ihre Verbindung. Es verbindet bei gleicher Auswahl von Stoffen je nach

[1]) „Archiv für pathologiſche Anatomie und Phyſiologie“ Bd VIII. S. 22. — Vgl. auch Virchow's „Geſammelte Abhandlungen zur wiſſenſchaftlichen Medicin“. 1856 Bd. I S. 26–27.

Bedürfniß einen gewissen Stoff das einemal mit *diesem*, das anderemal mit einem *andern* Stoffe. Man kann daher die Lebenskraft nicht neben die chemischen Kräfte der Stoffe stellen, sondern muß ihr nothwendig eine Stellung *über* ihnen anweisen und diesen Kräften gegenüber die *verschiedenartigsten Wirkungen* beilegen. Dann läßt sie sich aber nicht mehr als eine einfache Kraft festhalten; denn als soche könnte sie immer nur eine *bestimmte* und einer und der nemlichen Kraft gegenüber nur die *gleiche* Wirkung ausüben. Betrachtet man sie aber als einen *Komplex* verschiedenartiger Kräfte, dann muß man erklären, woher diese Kräfte stammen, was sie verbindet und worin der Grund liegt, daß sie zu einem und dem nemlichen Zwecke zusammenwirken.

γ) Konstruktion.

AA. Die Bedingungen zur Entstehung des organischen Lebens.

§ 53.

Das Hervortreten der Grundkräfte an der Erde *überhaupt* erzeugt noch keinen Organismus, sondern bewirkt nur die Bewegung der Erde (§ 47). Um einen Organismus hervorbringen zu können, müssen die Grundkräfte *in einem bestimmten Punkte* und zwar mit einander *vereinigt* hervortreten. Die Bewegung der Erde, ihre Axendrehung und ihr Umlauf um die Sonne, dient nur dazu, den Grundkräften ein solches Hervortreten möglich zu machen.

Eine unerläßliche Bedingung hiezu ist die *Auflösung unorganischen Stoffes*. Diese ist nach § 28 eine nothwendige Folge des zeitlichen Wirkens der Grundkräfte. Um diese Bedingung immer neu und in einem möglichst reichlichen Maße zu erfüllen, muß die Erde bei ihrer täglichen Rotation und jährlichen Bahnbewegung abwechslungsweise alle Theile ihrer Oberfläche der Wechselwirkung mit der Sonne aussetzen. — Die von der Sonne ausgehenden Wärmestrahlen sind nach § 30 und 32 darauf gerichtet, in jedem Stoffe der +M das Uebergewicht zu verschaffen und durch Ueberwindung der −M und ±M den Stoff der Auflösung entgegenzuführen. Die Lichtstrahlen haben noch die besondere Wirkung, daß sie den von ihnen getroffenen Stoff durch

Mittheilung der in ihnen ſtattfindenden Bewegung der +M und —M in Schwingungen verſetzen, welche ſich mit ſolcher Schnelligkeit wiederholen, daß ihnen die nicht im gleichen Grade erregte ±M nur ſchwer oder gar nicht mehr zu folgen vermag. Auf dieſe Weiſe bewirkt das Licht nach § 39 die Auflöſung chemiſcher Verbindungen, indem es ihnen den Sauerſtoff entzieht und der Sauerſtoff ſelbſt erhält durch den Einfluß des Lichtes die Eigenſchaft des Ozons. Die —M wird in ihm zu größerer Wirkſamkeit erregt, — ein Beweis, daß ſie geneigt iſt, ihre Verbindung mit der +M aufzugeben. Das Licht wirkt im Allgemeinen wie die Wärme der Verbindung der +M und —M in den Stoffen entgegen, und auch da, wo es die chemiſche Verbindung zweier Stoffe befördert, geſchieht dieſes nur deshalb, weil durch ſeine Einwirkung die Verbindung der +M und —M in beiden Stoffen lockerer wird.

Die Auflöſung des Stoffes muß ferner im Flüſſigen ſtattfinden. In der Flüſſigkeit befindet ſich der Stoff noch auf der Stufe der Bildungsfähigkeit (§ 15). Anderſeits hat in ihr die ±M doch ſchon das Gleichgewicht mit der +M und —M erreicht (§ 14), weshalb bei ihrer Auflöſung alle 3 M zur Wirkſamkeit gelangen, während bei Auflöſung des flüchtigen Stoffes ſich zunächſt nur das Verhältniß der +M und —M ändert und bei Auflöſung des feſten Stoffes zunächſt nur die Wirkſamkeit der ±M den beiden andern M gegenüber herabgeſetzt wird. (§ 13—15 u. 32.) Die feſten Stoffe dienen zur Aufnahme und Reflexion der Wärme und des Lichtes. Ohne ſie würde ein großer Theil der Wärme- und Lichtſtrahlen, welche die Erde von der Sonne empfängt und ſich aneignet, ſie wirkungslos durchſtrömen und ginge für das organiſche Leben auf ihr verloren. Die aus flüchtigen Stoffen beſtehende Atmoſphäre bildet eine ſchützende Decke, welche die von der Erdoberfläche ausſtrömenden Wärme- und reflektirten Lichtſtrahlen theilweiſe wieder zurückwirft und deren Ausſtrahlung in den Weltraum ermäßigt. Die Flüſſigkeit zwiſchen beiden iſt die eigentliche Geburtsſtätte des organiſchen Lebens. Ueberall, wo es auf dem Feſtlande nicht an Feuchtigkeit fehlt, bedeckt ſich daſſelbe nicht bloß in den wärmeren Zonen, ſondern auch gegen die Pole zu, wenn hier bei wiederkehrendem

Sommer die Erde aus ihrer Erſtarrung durch die Winterkälte erwacht, mit dem Grün der Wieſen und Wälder und im ungünſtigſten Falle mit einem Anfluge von Moos oder Flechten.

Wo immer an einem Punkte eine Flüſſigkeit unter dem Einfluſſe der Wärme und des Lichtes ihre Auflöſung beginnt, da ſind die Bedingungen des organiſchen Lebens gegeben, wenn die 3 M vereinigt als Grundkräfte hervortreten. Nicht bei jeder Auflöſung einer Flüſſigkeit treten dieſe hervor. Wovon ihr Hervortreten abhängt, werden wir im § 56 kennen lernen.

BB. Die Erſchaffung der organiſchen Zelle.

§ 54.

Wenn die 3 M als Grundkräfte in einem Punkte hervortreten, iſt ihr Zuſammenwirken wieder, wie urſprünglich bei Erſchaffung der unorganiſchen Natur darauf gerichtet, Stoffe zu produziren. Dazu brauchen ſie Raum. Der Raum iſt aber ſchon von den Produkten der unorganiſchen Natur eingenommen. Er muß ihnen daher erſt durch Auflöſung ſolcher Produkte gegeben und kann von ihnen nur durch fortgeſetzten Kampf mit der unorganiſchen Natur behauptet werden. Dieſer Kampf muß ſolange fortdauern als der Beſtand der organiſchen Produkte; denn die unorganiſche Natur ſtrebt ebenſoſehr den Raum ihren Produkten zu erhalten, wie die organiſche, ihn für ihre Produkte zu gewinnen.

Hieraus ergibt ſich das erſte Geſetz für das Wirken der Grundkräfte in der organiſchen Natur. Nennen wir die in der unorganiſchen Natur wirkenden 3 M die allgemeine Produktivität und im Gegenſatze hiezu die zur Bildung eines Organismus hervortretenden 3 M die beſondere Produktivität, ſo wird die $\pm$M der letzteren niemals die $+$M und $-$M der nämlichen Produktivität, ſondern immer nur die $+$M der beſondern mit der $-$M der allgemeinen oder die $-$M der beſonderen mit der $+$M der allgemeinen verbinden.

Denken wir uns nun eine Flüſſigkeit durch einen Sonnenſtrahl in Schwingungen verſetzt, welchen die $\pm$M derſelben nicht mehr zu folgen vermag. Die Flüſſigkeit wird durch Erregung ihrer $+$M bei jeder Schwingung ausgedehnt und ihre $+$M bleibt hiebei ſolange, als nicht die $\pm$M gegen ſie wieder in Wirkſam-

keit tritt, außer Verbindung mit der —M. Der in der Schwingung begriffene Theil ihrer +M an der Oberfläche iſt inzwiſchen nicht gehindert, die Grenze des Stoffes zu überſchreiten, ohne daß die —M ſie mehr zu erreichen im Stande wäre. Die Ausſcheidung eines Theiles der +M gibt aber der beſonderen Produktivität die Möglichkeit, hervorzutreten. An die Stelle der ausgeſchiedenen allgemeinen +M tritt die beſondere +M und wird von der beſonderen ±M mit der frei gewordenen allgemeinen —M verbunden. Die Verbindung geſchieht wieder nach dem im § 8 abgeleiteten Geſetze in zwei verſchiedenen Verhältniſſen, in dem einen zu $^1/_3$ und $^2/_3$ und in dem andern zu $^2/_3$ und $^1/_3$. Der dichtere Stoff behauptet wieder die Mitte und der dünnere muß ſich um denſelben nach außen lagern. Nur die flüchtige Form können die neu produzirten Stoffe nicht annehmen, weil ſie zugleich dem Einfluſſe der allgemeinen ±M unterliegen und die beſondere ±M nur dadurch, daß ſie ſich mit den von ihr verbundenen beiden M im Gleichgewichte befindet, im Stande iſt, auch der allgemeinen ±M das Gleichgewicht zu halten. Sie müſſen daher gleichfalls die flüſſige Form annehmen.

Die Verbindung der beſonderen +M mit der allgemeinen —M enthält nun aber einen Eingriff in die allgemeine Produktivität. Die allgemeine ±M ſucht daher die neue Produktion aufzulöſen und die allgemeine —M wieder an ſich zu ziehen. Das Mittel hiezu iſt, daß ſie dieſer neue allgemeine +M zuführt. Dadurch wird im organiſchen Produkte die +M überhaupt vermehrt und zunächſt der ausgedehntere Theil des organiſchen Produktes noch weiter ausgedehnt. Den Verſuch zur Auflöſung des Produktes vernichtet jedoch die beſondere ±M dadurch, daß ſie die allgemeine +M mit beſonderer —M verbindet. Auch dieſe Verbindung muß wieder den ausgedehnteren Theil des Produktes treffen und in dieſem eine theilweiſe Zuſammenziehung bewirken. Da ſie aber nicht mehr auf Produktion, ſondern umgekehrt auf Verhinderung der von der allgemeinen ±M angeſtrebten Produktion gerichtet iſt, kann der dadurch entſtandene dichtere Stoff ſich nicht mehr gegen die Mitte zu wenden, ſondern er muß in entgegengeſetzter Stellung den äußerſten Umfang einnehmen. Mit der Ueberwindung der allgemeinen ±M erlangt die beſondere ±M zugleich

ein Uebergewicht über die beiden +M und —M, welche sie sich unterworfen hat. Es entsteht daher mit der Verdichtung des Umfangs zugleich eine Befestigung desselben, wodurch sich das organische Produkt gegen außen abschließt.

Damit ist die lebensfähige Zelle geschaffen. Der verdichtete Stoff in der Mitte bildet den Kern, die befestigte Grenze die Wand und der übrige Inhalt den Saft der Zelle. Diese drei Bestandtheile betrachtet man in der Empirie gewöhnlich als zum Wesen einer jeden lebenskräftigen Zelle gehörig. Durch ihre Entwicklung, namentlich als Bestandtheile eines höheren, aus Zellen zusammengesetzten Organismus können zwar die Zellen verschiedenartige Formen annehmen, die Hauptbestandtheile ihrer Grundform müssen sie aber solange beibehalten, als ihre selbständige Lebensfähigkeit dauert. Nach Virchow sind z. B. alle produktionsfähigen Zellen im menschlichen Organismus mit Kernen versehen und die Blutkörperchen, welche ihre Kerne verloren haben, nur vorübergehende Gebilde, welche gleich den obersten Epidermiszellen fortwährend zu Grunde gehen und durch neue ersetzt werden. Wenn man dagegen in anderen Organismen, wie in den kryptogamen Gewächsen auch produktive Zellen ohne Kerne gefunden haben will, so ist zu beachten, daß der Kern durch verminderten Unterschied in dem Lichtbrechungsvermögen zwischen ihm und dem Zellensafte oder, weil dieser Unterschied durch Uebergangsstufen vermittelt ist, leicht der Beobachtung entgehen kann.

b) Die Entwicklung des organischen Lebens.

α) Ernährung und Athmen.

§ 55.

Die allgemeine Produktivität kann vom Kampfe gegen das organische Produkt nicht ablassen. Sie muß die darin verbundenen Elemente, welche ihr angehören, zurückfordern, wodurch sie dem organischen Produkte entzogen werden. Die besondere Produktivität kann zwar die entzogenen Elemente durch ihre eigenen ersetzen, aber nicht, ohne diese wieder mit allgemeinen Elementen zu verbinden, und da ihr die allgemeinen Elemente immer nur in den Produkten der allgemeinen Produktivität zu Gebote stehen, muß

das organiſche Produkt immer neuen Stoff von außen in ſich aufnehmen.

Das Bedürfniß zur Stoffaufnahme iſt ein doppeltes:

1) um die beſondere +M in den Raum treten zu laſſen, d. i. um für den Organismus einen eigenen Stoff zu gewinnen;
2) um dieſen Stoff von ſeiner Begrenzung durch die allgemeine —M zu befreien und durch beſondere —M zu begrenzen, d. i. um den Stoff zur eigenen, organiſchen Form zu beſtimmen.

Der zum 1. Zwecke aufgenommene Stoff dient der Ernährung und führt zum Wachsthum und zur Vermehrung der Zellen, indem durch die Zerſetzung des Inhaltes der Zelle die 3 M neuerdings die Möglichkeit des Hervortretens in einem oder mehreren Punkten erlangen. Die 2. Stoffaufnahme geſchieht im Athmen. Jeder Organismus muß daher ſich nähren und athmen. Von den Nahrungsſtoffen braucht er nur die —M, von den eingeathmeten Stoffen nur die +M für ſich. Die +M der erſteren und die —M der letzteren überläßt er der unorganiſchen Natur. Beide vermag er aber von den ihm nöthigen Elementen nur dadurch zu trennen, daß er ſie mit beſonderer —M und +M verbindet, und da der organiſche Stoff immer wieder der Auflöſung durch die allgemeine Produktivität unterliegt und von der beſonderen Produktivität immer wieder erſetzt werden muß, ſo findet im Organismus ein beſtändiger Stoffwechſel ſtatt. In den Pflanzen beſchränkt ſich dieſer in der Regel auf die in ihnen ſich bewegenden Säfte und bewirkt nur, daß dem Einathmen ein Ausathmen und dem Anſatze von Blättern ein Abfall derſelben entſpricht. In den Thieren dagegen unterliegen mit Ausnahme der feſten Knochengebilde alle Theile mehr oder minder dem Stoffwechſel, und die in ihnen abgeſtorbenen und für den Organismus unbrauchbar gewordenen Stoffe werden nicht bloß durch Ausathmen, ſondern auch noch auf anderen Wegen ausgeſchieden.

Jeder Organismus hat das Vermögen, ſich den Stoff, welchen er braucht, ſelbſt zu bereiten. Eine junge, noch ganz kleine Citrone, auf einen Orangenzweig gepfropft, kann darauf fortwachſen und zur Reife gelangen. Sie wird dann keine Orange,

sondern behält alle Eigenschaften einer Citrone. Die Säfte des Orangenbaumes werden also bei dem Eintritte in die Citrone so verwandelt, wie sie die Citrone braucht. Die Pflanzen bedürfen ferner zu ihrer Ernährung außer der Kohlensäure, dem Wasser und Ammoniak noch besonderer mineralischer Stoffe, die Gräser und Schachtelhalme Kieselerde, Roggen und Weizen überdies noch phosphorsaurer Salze, Klee, Luzerne und Esparsette brauchen schwefelsauren Kalk, Kartoffel und Runkeln alkalische Salze, Seepflanzen Chlornatrium u. s. w. In einem Boden, welcher die für verschiedene Pflanzenarten erforderlichen mineralischen Stoffe in hinlänglicher Menge aufgelöst enthält, finden alle ihre Nahrung. Jede Pflanze zieht aber, wie man zu sagen pflegt, doch nur diejenigen Stoffe in der erforderlichen Menge an sich, deren sie zu ihrem Wachsthum bedarf. Diese Stoffe finden sich in der Asche, welche bei ihrem Verbrennen zurückbleibt, während ihr Gehalt an Wasser, Kohle und Ammoniak in flüchtiger Form entweicht.

Die Verwandlung der aufgenommenen Stoffe in den eigenen Stoff des Organismus nennt man Assimilation. Nach der atomistischen Theorie sollten hiebei die Atome der aufgenommenen Grundstoffe unverändert bleiben und nur auf besondere Weise zusammengesetzt werden. In der veränderten Zusammensetzung läge jedoch nur eine Umwandlung der Form, nicht des Stoffes, also keine wahre Assimilation. Daraus, daß der Organismus als Nahrung Stoffe aufnimmt, die sich bei seiner chemischen Auflösung in ihm wieder finden, folgt noch nicht, daß die aufgenommenen Stoffe als solche in ihn übergegangen sind, wenn er das Vermögen hat, sie in sich selbst hervorzubringen. Das Bedürfniß, bestimmte Stoffe aufzunehmen, erklärt sich zur Genüge, wenn er sie braucht, um sie in sich nachbilden zu können. Daß es aber für einen Organismus von bestimmter Art nicht gleichgiltig ist, welche Stoffe ihm als Nahrung geboten werden, begreift sich leicht, wenn bei deren Auflösung die besondere $\pm M$ immer genöthigt ist, die besondere $+M$ mit der $-M$ des aufgelösten Stoffes zu verbinden. Der Schachtelhalm z. B. löst die Kieselerde auf, erzeugt sie aber wieder und erbaut sich durch Ablagerung derselben an den Wänden seiner Zellen ein festes Skelett, welches bei seinem Verbrennen als Asche zurückbleibt. Dieses

Skelett braucht er zum Leben. Hat er einmal ſeinen Lebensprozeß begonnen, dann ſtehen ihm zur Bildung jeder neuen Zelle die 3 M der beſonderen Produktivität nur wieder in den gleichen Quantitäten zu Gebote, und mit dieſen kann er denſelben Stoff nicht mehr zu Stande bringen, wenn er ſtatt der Kieſelerde einen andern Stoff mit einem abweichenden Kräfteverhältniſſe zur Nahrung erhält.

Die organiſche Form entſteht erſt durch das Athmen. Der Athmungs- und Ernährungsprozeß bedingen ſich gegenſeitig und ſind im Pflanzen- und Thierreiche ſo nothwendig mit einander verbunden, daß das organiſche Leben nur da beſtehen kann, wo ſich beide im Einklange befinden.

Der Pflanzenkeim beginnt ſeine Entwicklung, wenn zu dem durch Aufnahme von Waſſer befeuchteten Samen der Sauerſtoff aus der Atmosphäre hinzutritt. Dieſer verbindet ſich mit einem Theile des im Samen enthaltenen Kohlenſtoffes zu Kohlenſäure, nach deren Ausathmung der Keim ſogleich Stoff zu ſeiner Nahrung aus dem Samen an ſich zieht. Die Ernährung wird alſo hier durch das Athmen eingeleitet. Auch im Thierreiche iſt es der Sauerſtoff, welcher die poröſe Schale des befruchteten Eies durchdringt und mittels Erregung des Athmungsprozeſſes die Entwicklung des Keimes hervorruft. Der Sauerſtoff wird dadurch zum Erwecker der Lebensthätigkeit, daß er dem Organismus einen Stoff entzieht, welchen dieſer zu erſetzen genöthigt iſt. Er iſt das vorzüglichſte Mittel, wodurch die allgemeine Produktivität gegen die organiſchen Produkte ankämpft. Kein anderer Stoff eignet ſich ſoſehr, als er, dazu, mit der —M chemiſch zu wirken. Indem die allgemeine Produktivität ihre —M mit der allgemeinen +M des organiſirten Stoffes verbindet, zerſtört ſie die organiſche Form. Um dieſe wieder herzuſtellen, muß die beſondere Produktivität vor Allem durch Verbindung der beſ. +M mit allgemeiner —M neuen Stoff produziren. Ueber die beſ. +M hat die allgemeine Produktivität keine Gewalt. Die allgemeine —M dagegen ſucht ſie mit der +M des Sauerſtoffes zu vereinigen. Dadurch wird die beſ. +M im produzirten Stoffe von ihrer Schranke befreit, und die beſ. Produktivität ſtellt durch eigene —M die organiſche Form wieder her, indem ſie die allgemeine —M durch Verbindung mit beſ. +M ausſcheidet.

Zur Ernährung der Thiere dient das stickstoffhaltige Albumin, welches durch die Organe des Verdauungssystems aus den Nahrungsstoffen bereitet und durch das Blut allen Theilen des Organismus zugeführt wird. Auf demselben Wege gelangt jedoch auch der durch das Athmen aufgenommene Sauerstoff in alle Theile. Er dient nicht bloß dazu, die Organe zu formen, sondern sie auch funktionsfähig zu machen. Nur darum, weil der thierische Organismus die Form seines Stoffes durch eigene Macht (—M) bestimmt, ist er auch im Stande, sie zur Bewegung zu bestimmen. Die Verkürzung der Muskeln geschieht durch eine Zusammenziehung der Zellen, aus welchen die einzelnen Muskelfasern bestehen, und diese Zusammenziehung wird von dem Organismus dadurch bewirkt, daß er seine eigene —M an die Stelle der —M des vom Muskel aufgenommenen Sauerstoffes setzt und diese mit eigener +M zu einem anderen Stoffe verbindet, welchen er ausscheidet. Die Muskelbewegung ist daher ebenso wie die Bildung der Organe mit einer Ausscheidung von Stoffen, nemlich von Wasser und Kohlensäure verbunden, welche theils ausgeathmet werden, theils durch die Haut entweichen.

Nach Lavoisier und Liebig soll die thierische Wärme ihren Grund in einem Verbrennungsprozesse haben, welcher dadurch entsteht, daß im thierischen Organismus Wasserstoff und Kohlenstoff sich mit dem eingeathmeten Sauerstoff chemisch verbinden. Diese Verbindung kann jedenfalls nicht auf gleiche Weise stattfinden, wie in der unorganischen Natur, und liefert dann nur einen Beitrag zu der Gesammtwärme, deren allgemeiner Erklärungsgrund in den organischen Prozessen der Stoffbildung überhaupt zu suchen ist. Insbesondere entstehen alle Organe aus flüssigem Stoffe durch Verdichtung und Befestigung, womit nothwendig Wärmeerzeugung verbunden ist. Die Annahme eines Verbrennungsprozesses nach Lavoisier und Liebig ließe sich nur stützen auf eine Vergleichung der ein- und ausgeführten Stoffe. Auf diesem Wege fanden jedoch Dulong und Despretz bei ihren mühevollen Versuchen, daß nur $0{,}_{75}$ bis $0{,}_{80}$ der an den Thieren beobachteten Wärme auf diese Weise erklärbar sind, und Brodie bewies, daß bei aufgehobenem Einflusse des Nervensystems durch Verletzung des Rückenmarks oder Gehirns die thierische Wärme sich vermindert, wenn

auch der Athmungsprozeß fortdauert und durch ihn noch immer gleich viel Waſſer und Kohlenſäure erzeugt wird. Die Verminderung der Wärme muß daher in einem ſolchen Falle ihren Grund in einer Abnahme der Bildung des organiſchen Stoffes haben. Auch das Pflanzenleben produzirt, wie durch Beobachtungen nachgewieſen iſt, Wärme, obwohl es ſtatt in einem Verbrennungsprozeſſe vorherrſchend in einem Desoxydationsprozeſſe beſteht.

Vermehrte Bewegung iſt mit vermehrtem Athmen und vermehrter Stoffbildung verbunden und vermehrt daher auch die Wärmeerzeugung im thieriſchen Organismus. Wenn bei überwiegender Ernährung der Organismus mehr eigenen Stoff produzirt, als der durch den Athmungsprozeß aufgenommenen Menge von Sauerſtoff entſpricht, dann werden die Organe mit nicht organiſirtem Stoffe überfüllt, und wenn bei überwiegender Athmung mehr Sauerſtoff aufgenommen wird, als der Menge des produzirten eigenen Stoffes entſpricht, dann greift der übermäßige Sauerſtoff tiefer in die Organe ein, und bewirkt Abmagerung. Jeder thieriſche Organismus iſt der Schwankung zwiſchen beiden Möglichkeiten ausgeſetzt, der erſten bei dem Mangel hinlänglicher Bewegung, der zweiten bei dem Mangel hinlänglicher Nahrung. Um den Organismus gegen die Nachtheile dieſer Schwankung zu ſchützen, verwendet die Natur im erſten Falle den überflüſſigen Stoff zur Produktion von Fett, welches ſich neben und zwiſchen den Organen an ſolchen Stellen im Gewebe ablagert, wo es die Funktion der Organe am wenigſten hindert. Das Fett iſt reich an Waſſerſtoff und Kohlenſtoff und dient im zweiten Falle zur Sättigung des Sauerſtoffes, ehe er die von ihm bedrohten Organe erreicht und im Stande iſt, an ihnen ſeine verderbliche Wirkung zu äußern.

β) Zeugung.

§ 56.

Die Zeugung der Organismen ſteht in inniger Verbindung mit ihrem Wachsthum. Jedes organiſche Weſen muß wachſen und eine gewiſſe Reife erlangen, bis es zeugungsfähig wird. Nach erlangter Zeugungsfähigkeit erſcheint dann die Zeugung als eine Fortſetzung des Wachsthums; denn ſie beſteht immer nur in der Produktion einer Zelle, die im Stande iſt, unabhängig vom Mutter-

leibe zu leben. Bei den einzelligen Organismen zeigt sich, wie die Zelle, wenn sie hinlängliche Nahrung aufgenommen hat, sich theilt und aus ihr mehrere Zellen entstehen, von welchen jede einen selbständigen Organismus bildet. In der Pflanze kann jede Zelle neue Zellen bilden und zu einer neuen Pflanze werden. Jede Knospe an dem Zweige einer Pflanze ist gewissermassen schon eine neue Pflanze, die noch mit der Mutterpflanze verwachsen ist und kein freies Wurzelende hat, aber doch mehr oder minder die Fähigkeit besitzt, von der Mutterpflanze getrennt ein eigenes Leben zu führen und eine Wurzel aus sich zu entwickeln. Die Kriechpflanzen schlagen von ihren Zweigen aus neue Wurzeln in den Boden und beginnen von da aus immer wieder eine neue Lebensthätigkeit. Bei fortschreitender Organisation verwendet dagegen die Natur immer größere Sorgfalt auf die Ausbildung besonderer Keime zur Fortpflanzung, indem sie die Geschlechtsgegensätze mit eigenen Zeugungsorganen entwickelt. Wir haben nun zu untersuchen, wie die Natur dazu kommt, außer der Urzeugung, welche wir im § 54 als den Anfang des organischen Lebens kennen gelernt haben, noch eine durch die Organismen selbst vermittelte Zeugung herbeizuführen.

Die 3 M treten immer *nur* als Grundkräfte hervor, um ihre *Einheit* herzustellen, d. h. um diejenige organische Form zu gewinnen, in welcher sie ihre Einheit finden können. Zweck der organischen Natur ist darum nicht das Produkt als solches, sondern nur die *Form*, und auch diese ist, solange die Natur nicht die gesuchte gefunden hat, nur ein Versuch, bei dem die Entwicklung nicht stehen bleiben kann. Die Natur gewährt deshalb dem Individuum keinen Bestand, sondern gebraucht es nur als Mittel zur Entwicklung der Form. Ist diese an ihm vollständig entwickelt, dann nimmt sein Leben ab und geht dem Erlöschen entgegen. Der Evolution eines jeden Individuums entspricht eine Involution. Weil aber die organische Natur genöthiget ist, immer wieder auf dem *nemlichen* Wege nach ihrem Ziele zu streben, muß sie sich den Weg zu den produzirten Formen *erhalten*, sohin die Organismen so einrichten, daß sie *in ihnen selbst* die Mittel zur Hervorbringung neuer Organismen gleicher Art findet. Jede Zelle bietet hiezu durch Zersetzung des von ihr aufgenommenen Stoffes schon ein Mittel, welches in der unorganischen Natur das Zusammen-

treffen einer Mehrzahl von Bedingungen erfordert, und die weitere Sorge der Natur bei der Ausbildung des Pflanzensamens, des thierischen Eies und der Frucht im weiblichen Uterus ist nur noch darauf gerichtet, der Keimzelle die Bedingungen zu ihrer Entwicklung auf organischem Wege solange zu verschaffen, bis sich aus ihr der Organismus soweit entwickelt hat, daß er im Stande ist, allein fortzuleben.

Daß die Geschlechtsgegensätze nicht zur Zeugung überhaupt nothwendig sind, beweist die Erfahrung bei jenen einfachen Organismen, die dieser Gegensätze entbehren und dennoch zeugen. Daß aber bei Entwicklung der organischen Formen ein Geschlechtsunterschied sich entwickeln und immer stärker hervortreten muß, je mehr die organische Form an Ausbildung gewinnt, erklärt sich aus den Schwankungen, in welche die Grundkräfte bei ihrer Vereinigung zu den bes. Produktivitäten nothwendig gerathen müssen. Die 3 M wirken zwar in gleicher Quantität zusammen, um die organische Natur im Ganzen hervorzubringen. Ihr Gesammtstrom hat sich jedoch, um die einzelnen Organismen zu produziren, in die besonderen Produktivitäten zu theilen. Die Theilung kann immer nur durch eine der 3 M selbst herbeigeführt werden. Jede von ihnen strebt selbständig und unabhängig von der anderen nach dem Ziele und ist darauf gespannt, nicht nur selbst jede Gelegenheit zu ergreifen, welche sich zur organischen Produktion darbietet, sondern auch jeder andern von ihnen, welche eine solche Gelegenheit ergriffen hat, im Flusse zu folgen. Der einfachste Fall, mit welchem ohne Zweifel die Zellenbildung in der Natur begonnen hat, ist der im § 54 dargestellte, daß die +M die Gelegenheit der Zersetzung eines unorganischen Stoffes ergreift, um in den Raum zu treten. Aber auch die —M kann die Gelegenheit einer durch solche Zersetzung befreiten +M ergreifen, um diese im Raum zu begrenzen, und dadurch den organischen Prozeß einleiten. Nur die ±M kann, weil sie bloß auf Verbindung der beiden andern M gerichtet ist, niemals diesen im Zugriffe vorangehen. Da sich nun der organische Prozeß so, wie er begonnen hat, von einer Zellenbildung zur andern fortsetzt, begreift sich von selbst, daß der Unterschied, jenachdem die +M oder die —M den organischen Prozeß einleitete, für den ganzen Organismus entscheidend werden muß. Er bewirkt

zwar keine Aenderung in den quantitativen Verhältnissen jeder einzelnen Verbindung; wohl aber wird diejenige M, welche den organischen Prozeß einleitete, im ganzen Verlaufe vorwiegend zur Eingehung von Verbindungen überhaupt geneigt seyn. Der Unterschied wird sich zwar noch nicht bei einfachen Organismen bemerkbar machen [1]), bei deren Ausbildung aber immer größeren Einfluß auf die Form gewinnen, so daß in dieser der Charakter des Geschlechts immer mehr zum Ausdrucke gelangt. Im weiblichen Geschlechte hat die bestimmbare +M, im männlichen die bestimmende —M das Uebergewicht. Ein vollständiger Nachweis, wie hieraus die physiologischen Unterschiede der einzelnen Organe beider Geschlechter entstehen, ist zwar bei dem gegenwärtigen Stande der empirischen Forschung für jetzt noch nicht möglich. Die Richtigkeit des Satzes erhellt aber schon daraus, daß der weibliche Organismus sich überhaupt mehr dazu eignet, das Leben *stoffgebend* zu erhalten und der männliche hauptsächlich *formgebend* hiezu mitwirkt. Der weibliche produzirt das Ei und die materiellen Bedingungen zur Entwicklung desselben, während der männliche dazu bestimmt ist, durch die erregende Kraft des Samens das Ei zu befruchten. [2]) Auch psychisch zeigt sich in der Menschheit bei dem Frauengeschlechte ein Ueberwiegen der +M im Vorherrschen des für Eindrücke empfänglichen Gemüthes, im männlichen Geschlechte dagegen ein Ueberwiegen der —M in dem Vorherrschen des die Gedanken formenden Verstandes.

Sind in einer organischen Form einmal die Geschlechtsgegensätze *entstanden*, dann müssen allerdings beide Geschlechter sich zur Zeugung *vereinigen*. Für die Fortpflanzung sorgt die Natur erst dann, wenn sie den Bestand der Organismen gesichert hat, durch welche die Fortpflanzung geschehen soll. Erst wenn diese hinlänglich entwickelt sind, entwickeln sich in ihnen die Keime zu neuen Individuen und der befruchtende Same. Beide setzen den Geschlechtsgegensatz schon voraus, und da sich bis dahin der Formunterschied beständig steigert, muß er in ihnen den höchsten Grad erreichen. Nun ist aber klar, daß die Entstehung eines neuen

[1]) Die Beobachtungen, durch welche *Ehrenberg* schon an den Infusorien Geschlechtsorgane entdeckt haben wollte, haben sich als Täuschung erwiesen.

[2]) Man vgl., wie sich schon *Aristoteles* de generat. anim. L. II. cap. 1 hierüber ausspricht.

Organismus, in welchem sich der nemliche Lebensprozeß wiederholen soll, nicht mit jenem Unterschiede anfangen kann, welcher erst durch die Entwicklung in ihm herbeigeführt wurde. Die endliche Differenz muß also zur ursprünglichen Indifferenz zurückkehren, wobei aber durch den Vortritt der +M oder —M zur Einleitung des neuen Lebensprozesses immer wieder der Grund zu einer neuen Differenz gelegt wird.

Nach dem Bisherigen haben wir endlich das Verhältniß der organischen Zeugung zur Urzeugung zu bestimmen, wie folgt. Der Strom der Grundkräfte zur Erschaffung und Erhaltung der organischen Natur fließt immer und unabhängig von den organischen Individuen fort. Das Leben nimmt darum im Ganzen nicht ab. Während die Individuen sterben, erhält sich die Gattung. Während die eine oder andere Art sich vermindert oder ganz ausstirbt, vermehrt sich eine andere oder entsteht eine neue Art. Von den ältesten fossilen Formen der organischen Natur sind alle, von den jüngsten die meisten ausgestorben und andere dafür an die Stelle getreten. Die ersten Organismen konnten von den Grundkräften nur unmittelbar auf dem Wege der Urzeugung hervorgebracht werden, und würden heute sämmtliche Organismen von der Erde vertilgt, so wären die Grundkräfte genöthiget, die organische Natur im Ganzen auf dem nemlichen Wege wieder hervorzubringen. Durch die Entwicklung der organischen Natur haben sich jedoch die Grundkräfte in dieser selbst einen eigenthümlichen Weg gebahnt, auf welchem sie leichter und sicherer zum Ziele gelangen. Diesen Weg müssen sie jetzt zunächst ebenso nothwendig einschlagen, wie ein Strom unter mehreren ihm offen stehenden Rinnsalen zunächst das tiefer gelegene auswählen muß. Die Möglichkeit, daß Organismen auch jetzt noch durch Urzeugung entstehen, ist zwar im Allgemeinen und insbesondere auf den niedersten Stufen des Pflanzen- und Thierreiches, wo die Natur keine besondere Sorgfalt auf die Ausbildung des organischen Weges verwendet zu haben scheint, nicht wohl in Abrede zu stellen. Eine Rückkehr zur Urzeugung ließe sich jedoch jedenfalls nur insoweit annehmen, als der organische Weg für den Strom der Grundkräfte nicht ausreichen würde.

γ) Der Stufengang organischer Formen.

AA Die Ansichten der älteren Empiriker.

§. 57.

Die Natur zeigt uns einen Stufengang immer höherer organischer Entwicklung sowohl im Pflanzenreiche von dem sammtartigen Anfluge grüner Bläschen an altem Gemäuer bis hinauf zu den prachtvollsten und großartigsten Gewächsen als auch im Thierreiche von den mikroskopischen Infusorien, an welchen sich theilweise noch keine besonderen Organe erkennen lassen, bis hinauf zu dem kunstvollen Baue des Menschenleibes.

Würden wir uns darauf beschränken, diese Erscheinung mit Linné, Cuvier und Agassiz aus einer fortgesetzten Zeugung ursprünglich geschaffener Arten zu erklären, so könnte uns nicht der Vorwurf treffen, welchen Snell[1]) der Schöpfungstheorie im Allgemeinen macht, daß sie „nicht bloß aller Erfahrung, sondern auch allen Analogien der Erfahrung widerspreche und auf alle innere Einheit und Continuität der Naturgesetze verzichten müsse". Denn, wie wir schon bisher gesehen haben, ist ja das ganze Gebiet der Erfahrung nur die Enthüllung einer schöpferischen Thätigkeit, und sind die Naturgesetze nur die Bestimmungen über das Wirken dieser Thätigkeit. Es wäre eben die Frage, auf welche Weise die Arten ursprünglich geschaffen wurden, und wenn sich diese Frage aus einem fortgesetzten Wirken der nemlichen Ursachen und nach den nemlichen Gesetzen beantworten ließe, woraus die übrige Natur ihren Ursprung genommen hat, dann wäre nicht nur jeder Widerspruch mit der Erfahrung vermieden, sondern auch den Naturgesetzen ihre Einheit und Continuität vollkommen gewahrt. Linné, Cuvier und Agassiz haben jedoch nicht bloß diese Frage unbeantwortet gelassen, sondern sich auch durch die Annahme, daß die jetzt lebenden Pflanzen und Thiere Abkömmlinge der ursprünglich geschaffenen Arten seyen, welche nach ihnen unveränderlich seyn sollten, mit der Erfahrung in Widerspruch gesetzt.

Die Paläontologie beweist, daß die organischen Formen im Laufe der Zeit sich geändert haben. Sie unterscheidet sogar aufeinanderfolgende Perioden, von welchen in jeder andere Formen hervorgebracht wurden. Cuvier wendete hiegegen ein, daß die

[1]) „Die Schöpfung des Menschen" 1863 S. 21.

Erde wiederholte Revolutionen durchgemacht habe, wobei jedesmal die organische Schöpfung vernichtet worden sey und einer neuen solchen Schöpfung Platz gemacht habe. Allein abgesehen davon, daß eine Wiederholung zweckloser Schöpfungsakte, wobei der Schöpfer sein Werk immer wieder zerstörte, um es von vorne zu beginnen, mit den Anforderungen eines vernünftigen Schöpfungsbegriffes nicht wohl zu vereinbaren wäre, ergab sich auch durch die Forschungen von Lyell, daß die organischen Formen der verschiedenen geologischen Perioden unter sich in einem Zusammenhange stehen, welcher ein Fortschreiten vom Niederen zum Höheren entnehmen läßt. Alles, was in neuerer Zeit gegen diesen Zusammenhang eingewendet wurde, scheint nur darauf hinzudeuten, daß das Fortschreiten in der Organisation nicht durch allmählige Uebergänge, sondern wie im Sprunge von einer Stufe zur andern geschah und daß sich auf jeder Stufe der organischen Natur eine neue Möglichkeit zur Entwicklung von Unterschieden und Schwankungen zwischen höheren und niederen Formen ergab.

Schon der Begriff einer Thier- oder Pflanzenart wurde in der Naturgeschichte immer schwankender. Die Natur strebt überall Formenunterschiede hervorzubringen. Man mag eine Art abgrenzen, wie man will; immer findet man in ihr wieder Unterschiede, welche man Varietäten nennt, und in jeder Varietät lassen sich weitere Unterschiede verfolgen bis zu jenen der Individuen, unter welchen sich eine vollkommene Gleichheit ebensowenig findet, wie zwischen zwei Blättern eines und desselben Baumes. Man kann nun zwar zwischen den Formenunterschieden selbst wieder wesentliche und unwesentliche unterscheiden und hienach den Begriff einer Art so bestimmen, daß hiezu alle diejenigen Individuen gehören, welche im Wesentlichen eine gleiche Form besitzen. Allein wenn es dann gilt, im Einzelnen festzusetzen, welche Formenunterschiede zu den wesentlichen und welche zu den unwesentlichen gehören, begegnet man den größten Schwierigkeiten. Man weiß keine allgemeinen Grundsätze mehr hierüber aufzustellen, sondern verläßt sich nur noch auf sein „sicheres Gefühl“ und fordert zu diesem Geschäfte einen „durch Erfahrung geläuterten Blick“.[2]) Diese beiden Leitsterne führen indessen die Naturforscher nicht zusammen,

[2]) C. G. Giebel: „Tagesfragen aus der Naturgeschichte.“ 1857 S. 33.

sondern jeder von ihnen geht seinen eigenen Weg, und De Candolle sah sich am Ende zu dem Geständnisse genöthigt, daß die Meinung, es lasse sich jede Art in der organischen Natur sicher abgrenzen, nur eine Folge unvollständiger Kenntniß der Gattung sey, und daß die Grenzen durch die Entdeckung von Zwischenformen immer zweifelhafter werden, je weiter sich die Erfahrung ausdehne.

Manche glaubten, in der Fähigkeit verschiedener Formen, fortpflanzungsfähige Abkömmlinge zu erzeugen, ein sicheres Unterscheidungsmerkmal gefunden zu haben, und stellten den Satz auf: Alle diejenigen Formen, welche durch Begattung fortpflanzungsfähige Nachkommen erzeugen, gehören zu einer und derselben Art. Dieses Unterscheidungsmerkmal paßt an sich schon nur auf Formen mit getrennten Geschlechtern und erfordert auch bei diesen eine Erforschung der Zeugungsfähigkeit von einer Generation zur andern, wozu sich nur bei der künstlichen Züchtung, nicht aber dem Beobachter der freien Natur die Möglichkeit ergibt. Im Uebrigen scheint die Natur die Möglichkeit, eine fruchtbare Nachkommenschaft zu erzielen, allerdings in gewissen Grenzen eingeschlossen zu haben. Sie ist zwar nicht bedingt durch eine möglichste Gleichheit der Formen. Im Gegentheile zeigt die Erfahrung, daß durch Kreuzung minder abweichender Formen, wie man sie als Varietäten zu bezeichnen pflegt, nicht selten eine noch kräftigere Nachkommenschaft gezogen werden kann. Allein schon die Paarung setzt eine gewisse Uebereinstimmung der Organismen voraus, und wenn es bei einer größeren Verschiedenheit der Formen auch gelingt, sie zu Stande zu bringen, so sind doch die hieraus entstandenen Bastarde in der Regel unfruchtbar. Anderseits erscheint indessen die Grenze hier wieder so schwankend und unbestimmt, daß ein durchgreifendes Unterscheidungsmerkmal hierauf unmöglich gebaut werden kann. Im Pflanzenreiche sollen fruchtbare Bastarde gezogen worden seyn, deren Fruchtbarkeit nur einige Generationen hindurch dauerte und dann erlosch[3]). Im Thierreiche werden viele Beispiele von fruchtbaren Bastarden aus älterer und neuerer Zeit erwähnt[4]), und allgemein bekannt ist die unbegränzte Fruchtbarkeit der Bastarde aus Paarungen zwischen

[3]) „Darwin über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl ꝛc." übers. von H. G. Bronn, herausgeg. von Carus III. Aufl. 1867 S. 301.

[4]) C. G. Giebel a. a. O. S. 16.

Hasen und Kaninchen, Wolf und Hund und den verschiedenen Formen der Hunde, deren Abweichungen bisweilen groß genug sind, um sie nach der Schätzung der Naturhistoriker als besondere Arten einander gegenüber zu stellen.

Die Schwierigkeiten, mit welchen die Lehre von der Unveränderlichkeit der Arten zu kämpfen hatte, leiteten von selbst auf den Gedanken, die Entstehung der Arten aus einander selbst zu erklären. Schon Buffon lehrte die Möglichkeit des Ueberganges einer Art in eine andere. Lamarck behauptete, daß sämmtliche Thierarten durch Umwandlung aus zwei Urformen entstanden seyen, nemlich aus dem Wurm und dem Infusorium, welche durch generatio aequivoca hervorgebracht worden seyn sollten. Schleiden erkärte es sogar für wahrscheinlich, daß die ganze Pflanzen- und Thierwelt sich aus einer einzigen Zelle entwickelt habe, unternahm es aber nicht, die Art und Weise dieser Entwicklung begreiflich zu machen.

BB. Die Lehre Darwins.

§ 58.

Im Jahre 1859 veröffentlichte Charles Darwin seine Lehre über die Entstehung der Arten. Nach ihr hat die Unterscheidung der Arten keinen objektiven Grund, sondern ist nur willkührlich zu einer bequemen Eintheilung der Formen angenommen. Alle Arten sind flüssig, ihre Formen in einer beständigen Auflösung und Umbildung in andere begriffen. Jeder Organismus unterliegt dem Einflusse äußerer Lebensbedingungen, welche auf sein Reproduktionssystem wirken und Aenderungen in der Organisation hervorbringen. Diese Aenderungen haben gewöhnlich keinen Bestand. Wenn man aber absichtlich immer nur solche Individuen, welche dadurch eine besondere Eigenschaft erlangt haben, zur Nachzucht auswählt, kann man diese nicht bloß erhalten, sondern auch von Generation zu Generation steigern. Auf die nemliche Weise, wie die Kunst des Menschen im Kleinen und Einzelnen, verfährt die Natur im Großen und Ganzen. Die natürliche Zuchtwahl geschieht durch den allgemeinen Kampf um's Daseyn. Jedes organische Wesen vermehrt sich so rasch, daß es in kurzer Zeit die ganze Erde erfüllen würde, wenn nicht äußere Schranken entgegenstünden. Solche Schranken liegen nicht bloß

in den vielfachen Zerstörungen, welchen Pflanzen und Thiere durch die Einflüsse der Witterung oder dadurch, daß sie anderen zur Speise dienen, u. s. w. ausgesetzt sind, sondern auch darin, daß sie immer nur einen beschränkten Umfang von Lebensbedingungen mit anderen Wesen zu theilen haben. Diejenigen, welche durch ihre Organisation mehr dazu befähigt sind, sich gegen Zerstörungen zu schützen und die Lebensbedingungen anzueignen, erhalten sich, die andern unterliegen. Diejenigen Individuen einer Art, welche vortheilhafte Aenderungen ihrer Form angenommen haben, werden also durch die natürliche Zuchtwahl zusammengeführt, und diese Aenderungen in den Nachkommen erhalten und vermehrt. In Folge dessen, meint Darwin, müsse sich die Organisation beständig vervollkommnen und durch fortgesetzte Häufung nützlicher Aenderungen der Form aus den niedersten Organisationsstufen die Ausbildung aller, selbst der edelsten Organe bis zum Menschenleibe hinauf erklären lassen.

Ueber den Darwinismus hat sich nun schon eine ziemlich reiche Literatur angesammelt, worin diese Lehre eine sehr verschiedene Beurtheilung erfuhr. Die Schwierigkeiten, welche Darwin selbst als von ihm nicht überwunden anerkannte, und die Einwendungen, welche er nicht zu widerlegen vermochte, beweisen wenigstens soviel, daß seine Theorie nicht als eine aus der Erfahrung abgeleitete betrachtet werden kann. Die Gewinnung von Varietäten aus einer bestimmten Art gelingt immer nur innerhalb gewissen Grenzen. Es ist kein Fall bekannt, daß sich durch allmählige Uebergänge aus einer Form ein neues Organ gebildet hätte. Auch die Paläontologie kennt keinen solchen Uebergang, und soweit die historischen Nachrichten über die jetzt lebenden Thier- und Pflanzenarten in die Vergangenheit zurückreichen, haben sich dieselben unverändert erhalten. Um diesen Einwendungen zu entgehen, sah sich Darwin genöthigt, die Entstehung der Arten in die vorgeschichtliche Zeit zurückzuversetzen, hiefür ungeheuere Zeiträume in Anspruch zu nehmen und die Ueberreste organischer Formen in den Versteinerungen für unvollständig zu erklären. Durch den unermüdeten Fleiß der neueren Paläontologen scheint sich jedoch die Behauptung, daß der Mangel an Belegen für den allmäligen Uebergang von einer Form zur andern nur in einer Lückenhaftigkeit der bisherigen Forschungen seinen

Grund habe, immer mehr als eine leere Ausflucht zu erweisen. [1])

Seine Theorie leidet aber auch an inneren Unwahrscheinlichkeiten und Widersprüchen. Durch fortgesetzte Aenderungen der Form sollen neue Organe gebildet oder schon vorhandene, aber nur zu einem bestimmten Gebrauche eingerichtete Organe zu einem anderen oder erweiterten Gebrauche eingerichtet werden. Allein ein unentwickeltes, nur erst im Ansatze begriffenes Organ ist noch gar nicht brauchbar, und ein für einen bestimmten Gebrauch noch nicht eingerichtetes, sondern nur erst in der Umbildung begriffenes Organ eignet sich wenigstens noch nicht zu diesem Gebrauche. Solche Aenderungen wären daher noch unnütz und könnten nach der eigenen Annahme Darwins nicht durch natürliche Zuchtwahl erhalten werden, sondern müßten alsbald und ehe die Neubildung zur Vollendung käme, wozu es ja einer sehr langen Zeit bedürfte, wieder verschwinden. Die natürliche Zuchtwahl würde sich auch erst am Ende der ganzen Umbildungsperiode, wenn der Theil der Art mit der veränderten Organisation allein als Sieger übrig geblieben und der übrige Theil im Kampfe um's Daseyn untergegangen wäre, von selbst erklären. Am Anfange wäre das Zusammentreffen zweier gleichgeänderten Individuen derselben Art zur Paarung in freier Natur ein seltener Zufall. In eine Zeit, in der es nur wenige Individuen einer Art gab, dürfen wir nicht zurückgehen, weil mit der geringen Konkurrenz der Kampf um's Daseyn größtentheils hinwegfiele. Bei einer Art mit zahlreichen Individuen dürfen wir ferner nicht von der Annahme ausgehen, daß die Paarung sich immer nur in einem engen Kreise wiederhole, weil aus einer solchen Zeugung, wie Darwin selbst anerkannte, nur eine schwächliche und baldigem Aussterben unterliegende Nachkommenschaft hervorgehen würde. Bei unbeschränkter Paarung wäre aber eine beständige Wiederkehr des Zusammentreffens gleichgeänderter Individuen umso unwahrscheinlicher, je mehr Generationen zur Umbildung erfordert würden. [2])

Diejenigen, welche in der Natur alles aus mechanischen Ursachen erklärt haben möchten, preisen Darwin, selbst wenn sie die

[1]) Man vergl. z. B. die sorgfältige Zusammenstellung der einem solchen allmäligen Uebergange widersprechenden Thatsachen bei Barrande: Trilobites 1871.

[2]) Man vgl. die Wahrscheinlichkeitsberechnung bei J. Huber: „Die Lehre Darwins." 1871 S. 249 u. f.

seiner Lehre entgegenstehenden Bedenken nicht mißkennen, doch darum hoch, weil er die Schöpfungstheorie überwunden und wenigstens den Anfang gemacht habe, die organische Natur ohne Zuhülfenahme einer Zweckursache zu erklären. Eine Schöpfungstheorie konnte jedoch von Darwin nicht überwunden werden. Sie wurde vor ihm gar nicht aufgestellt. Die einfache Behauptung von Linné, Cuvier und Agassiz, daß Gott die Arten ursprünglich geschaffen habe, kann man noch keine Theorie nennen. Eine solche entsteht erst mit der Erklärung, wie die Arten von Gott geschaffen wurden. Man kann auch nicht sagen, Darwin habe die Zweckursachen von seiner Theorie ausgeschlossen. Er bekämpft zwar den Gebrauch dieser Ursachen bei verschiedenen Anlässen und bemerkt insbesondere, daß die Natur bei ihrer Zuchtwahl nicht wie der Mensch bei der künstlichen Zucht besondere Zwecke verfolge, kann aber selbst nicht umhin, zu behaupten, daß sie hiebei den Zweck habe, die Wesen zu erhalten. Ohne diesen Zweck wäre er auch nicht im Stande, die Entstehung nützlicher Veränderungen in der organischen Form begreiflich zu machen. Wollte er hiebei mechanisch verfahren, so müßte er annehmen, daß die Natur entweder von jeder Form nach allen möglichen Richtungen abweicht und sowohl nützliche als schädliche und indifferente Aenderungen hervorbringt, oder daß sie blind herumtappend mancherlei Aenderungen hervorbringt, welche sich nur zufällig bald als nützliche, bald als schädliche oder indifferente erweisen. Dahin scheint jedoch die Ansicht Darwins nicht zu gehen. Er erklärt ausdrücklich, daß die Formen-Aenderungen nicht „zufällig seyen, sondern von den äußeren Lebensbedingungen herrühren, für welche das Reproduktivsystem äußerst empfindlich sei.“ [3]) Die äußeren Lebensbedingungen können aber, mögen sie seyn, welche sie wollen, niemals durch das Reproduktivsystem den Organismus direkt verändern. Denn es gehört zum Wesen eines jeden Organismus, äußeren Einflüssen in der Art entgegenzuwirken, daß er durch sie nicht verändert wird. Ein Organismus, welcher dieses nicht vermag, geht zu Grunde. Wenn er sich aber nicht nur erhält, sondern auch verändert, so kann seine durch den äußeren Einfluß hervorgerufene Aenderung immer nur darauf abzielen, ihn hiegegen noch sicherer

[3]) A. a. O. S. 168.

zu erhalten. Jede solche Aenderung muß daher eine nützliche seyn und erfordert auch nach dem System Darwins eine auf den Zweck der Erhaltung des Organismus gerichtete Naturthätigkeit.

Eine Ursache kann unter denselben Bedingungen immer nur die gleiche Wirkung haben. Wenn also ein und derselbe Einfluß äußerer Lebensbedingungen auf die Organismen einer und der nemlichen Form in der Art verschieden wirken soll, daß nur ein Theil davon seine Form ändert, so kann die Ursache hievon offenbar nicht mehr in den äußeren Lebensbedingungen, sondern sie muß in den Organismen selbst gelegen seyn. Diese Ursache wäre das Prinzip der Entwicklung nach der Darwinschen Theorie. Sie allein ist dasjenige, was durch ihr Fortwirken von Generation zu Generation die Formen umbilden soll, während die äußeren Lebensbedingungen nur dieses Wirken hervorrufen und der Kampf um's Daseyn nur dazu dient, jene Individuen, deren Organisation den äußeren Lebensverhältnissen nicht entspricht, aus der Reihe lebender Wesen auszustossen. — Gerade über diese Ursache erfahren wir jedoch bei Darwin gar nichts. Sein Werk enthält zwar ein eigenes Kapitel über die „Gesetze der Abänderung", wo ihm besonderer Anlaß gegeben gewesen wäre, hierauf zur Sprache zu kommen. Statt dessen werden wir mit dem Bescheide abgefertigt, daß die Gesetze der Abänderung überhaupt unbekannt seyen. So leichten Kaufes hätte sich jedoch Darwin der Lösung seiner Aufgabe in dem wichtigen Punkte nur dann entschlagen können, wenn er sich darauf beschränkt hätte, seinen Gegenstand nicht weiter zu behandeln, als die Beweise aus der Erfahrung reichen. Dieses hat jedoch Darwin nicht gethan. Seine Theorie beruht hauptsächlich auf Hypothesen und seine Beispiele aus der Erfahrung vermögen nicht mehr, als seine Hypothesen wahrscheinlich zu machen. Nachdem er sich einmal darauf eingelassen hatte, seine Forschung darauf zu richten, welche Möglichkeiten über die Entwicklung der organischen Formen gedacht und nicht gedacht werden können, ist nicht abzusehen, warum er diese Methode nicht auch auf die in den Organismen selbst wirkende Ursache anwendete, welche sich ihm nothwendig als Haupterklärungsgrund hätte darstellen müssen, wenn er nur einigermaßen bemüht gewesen wäre, über die von ihm zu beantwortenden Fragen mit sich in's Reine zu kommen. Darin, daß Darwin gar

keinen Versuch zur Erforschung dieser Ursache machte, ja derselben gar nicht einmal gedachte, liegt wenigstens kein Beweis einer besonderen Gründlichkeit, mag man auch seinen Fleiß in der Sammlung von Erfahrungsthatsachen und seine Geschicklichkeit in der Verwerthung derselben noch so sehr rühmen. Tiefer eingehende Spekulationen dürfen wir freilich von einem Engländer überhaupt nicht erwarten. Die sprichwörtlich gewordene Vorliebe der englischen Nation für die sogen. „praktischen Lebenszwecke", welche ihr nach dem Urtheile Schellings[1]) kein Bedürfniß einer Philosophie fühlbar werden läßt, bringt von selbst eine gewisse Unbeholfenheit in der Behandlung solcher Probleme mit sich, gegen welche wir Deutsche Nachsicht haben müssen, um nicht gegen die übrigen Vorzüge englischer Gelehrsamkeit ungerecht zu werden. Wenn aber bei uns in Deutschland ein Machwerk, welches den Mangel wissenschaftlicher Reife so offen, wie der Darwinismus, an der Stirne trägt, von manchen Seiten zu einer Autorität erhoben werden will, welche über den Werth anderer wissenschaftlicher Leistungen zu entscheiden hätte, dann zeigt sich darin statt der sonst so gerühmten deutschen Gründlichkeit eine Oberflächlichkeit, welche mit jeder, auch der schlechtesten Kost vorlieb nimmt, wenn diese nur den Geschmack eines gewissen Reizmittels von sich gibt, an das man sich einmal gewöhnt hat.

CC. Konstruktion.

§ 59.

Die organische Natur kann nicht bei der einfachen Zelle stehen bleiben. Denn die 3 M treten immer als Grundkräfte hervor, um ihre Einheit herzustellen. Die Einheit suchen sie in ihrer Vereinigung zu einem Produkte. Dazu finden sie in der Zelle noch keine Möglichkeit; denn hier erschöpft sich die bes. Produktivität im Kampfe mit der allgem. Produktivität. Die +M der ersteren kann immer nur mit der −M der letzteren und die −M der ersteren immer nur mit der +M der letzteren verbunden werden. Zur Vereinigung aller 3 M der bes. Produktivität kann es erst kommen, wenn die bes. Produktivität von dem Kampfe mit der allgem. Produktivität befreit wird, und zu dieser Befreiung genügt es nicht, wenn nur im Produkte jede

[1]) s. Werke Abth. II Bd. I S. 277.

äußere Einwirkung durch eine Gegenwirkung der bes. Produktivität wieder aufgehoben wird, sondern das Produkt muß so eingerichtet werden, daß es selbst jede äußere Einwirkung durch innere Gegenwirkung wieder aufhebt. Erst dann, wenn sich die bes. Produktivität durch die Produktion eines solchen Organismus der allgem. Produktivität so vollständig erwehrt hat, daß zwischen ihr und der allgem. Produktivität kein nothwendiger Berührungspunkt mehr stattfindet, ist es ihr möglich, zur Produktion durch Vereinigung ihrer eigenen M überzugehen.

Ein solcher Organismus kann von der Natur nicht auf einmal hervorgebracht werden, sondern es bedarf dazu einer stufenweise fortschreitenden Entwicklung, welche zur Folge hat, daß das Leben in immer höheren Formen erscheint.

DD. Die Steigerung des Lebens in der organischen Natur.

§ 60.

Jede niedere Stufe, welche die organische Natur errungen hat, bildet für sie eine Voraussetzung zur höheren und muß daher von ihr festgehalten werden. Sie thut dieses nach § 56 dadurch, daß sie die Organismen zeugungsfähig macht. Die Zeugung erneuert aber in den Nachkommen immer nur die Form der Eltern. Sie kann daher nicht der Weg seyn, auf welchem die Natur neue Formen hervorbringt, — auch dann nicht, wenn man die Abänderungen hinzurechnet, welche durch den Einfluß äußerer Verhältnisse in den Organismen hervorgebracht werden; denn gerade die Zeugung durch Vereinigung getrennter Geschlechter ist darauf gerichtet, diese Abänderungen wieder auszugleichen, wenn sie nicht durch künstliche Zuchtwahl erhalten werden. Solche Abänderungen betreffen auch, wie Nägeli[1]) bemerkt, immer nur die physiologischen Eigenschaften der Organe. Die morphologischen Eigenschaften dagegen, durch welche sich die Arten von einander unterscheiden, bleiben von den äußeren Lebensverhältnissen unberührt, und in ihnen findet der Fortschritt von einer Stufe zur andern nicht allmälig, sondern sprungweise Statt.

Jede Stufe, auf welcher die Natur noch nicht den vollendeten Organismus erreicht hat, muß von ihr überschritten werden.

---

[1]) a. a. O. S. 26.

Dieses kann nur durch eine Steigerung der Produktivität geschehen, welche die Natur nöthigt, den Weg der Urzeugung zu betreten. Einer oberflächlichen Betrachtungsweise könnte es zwar scheinen, als mache die Natur damit einen Umweg. Habe sie einmal in der Organisation einen Fortschritt gewonnen, so sey es für sie ein kürzerer und leichterer Weg, die niederen Formen in die höheren abzuändern, als diese neu hervorzubringen und bei jeder neuen Form den Bau wieder ganz von unten auf zu beginnen. Allein auch bei der Fortpflanzung einer bestimmten Form durch die Zeugung fängt die Natur die Organisation jedes Individuums von vorne an. Jeder Organismus entwickelt sich aus dem Keimbläschen und gewissermaßen durch alle Stufen der Organisation hindurch, bis er die Form erreicht, in der die Zeugung geschah. Der Embryo des Menschen, sagt man, gleiche in den verschiedenen Stadien seiner Entwicklung zuerst einem Infusorium dann einem Wurme, Fische, Amphibium, Vogel und niederen Säugethiere. Selbst im höchsten Stadium zeige sich Anfangs an ihm noch die Aehnlichkeit mit einem Affen durch das Hervortreten eines Zwischenkiefers, welches er zuletzt verliert. In jeder organischen Form sind ferner alle Theile durch einander so nothwendig bedingt, daß kein Theil für sich allein ohne Störung des Ganzen eine Aenderung erleiden kann. Keine neue Form kann also durch bloße Abänderung einer andern entstehen. Jede erfordert von Grund aus eine vollständige Neubildung.

Gegen die Urzeugung ließe sich nur einwenden:

1) Die Annahme einer Wirkungsweise, welche jetzt nicht mehr in der Erfahrung vorkommt, verstoße gegen die Gleichförmigkeit des Wirkens der Naturkräfte und hebe die Gesetzmäßigkeit in der Natur auf.

2) Einer Urzeugung höherer Organismen stehe entgegen, daß diese nur unter Bedingungen zur Entwicklung gelangen, welche das organische Leben allein zu erfüllen vermag. Z. B. den jungen Vögeln werde von den Eltern ein weiches und warmes Nest bereitet, ehe sie aus den Eiern schlüpfen, und die Nahrung zugetragen. Die Jungen der Säugethiere würden vor der Geburt durch das Blut der Mutter und nach der Geburt, solange sie nicht im Stande sind, sich selbst eine Nahrung zu suchen, durch die Milch derselben ernährt.

Der 1. Einwand betrifft die Urzeugung nicht bloß als Entstehungsgrund der höheren Formen, sondern auch soweit aus ihm die Entstehung der organischen Natur im Ganzen erklärt werden will. Er ist jedoch solange unberechtigt, als man die organische Natur nicht in's Unendliche aus sich selbst entstehen lassen kann, und bei dem Mangel eines weiteren Erklärungsgrundes die Urzeugung nicht zu entbehren ist. Man hat auch keinen Grund, zu behaupten, daß die organischen Formen nothwendig auf die nemliche Weise hervorgebracht werden mußten, wie sie erhalten werden, und die Gesetzmäßigkeit der Natur ist vollkommen gewahrt, wenn gezeigt wird, daß die Naturkräfte zu beiden Zwecken nach den nemlichen Gesetzen, wenn auch auf verschiedene Weise zusammenwirken. Die aus der organischen Zeugung abgeleiteten Regeln erhalten eben nur eine Seite jener höheren Gesetzmäßigkeit, welcher die Urzeugung gleichfalls entspricht.

Die Urzeugung schließt ferner nicht aus, daß sich die Natur bei Erschaffung jeder höheren Organisationsstufe ebenso wie bei der Zeugung durch gleichartige Organismen der Mittel bediene, welche sie sich auf den schon geschaffenen Stufen hiezu bereitet hat. Die gesteigerte Produktivität kann in einem Organismus der nächst vorhergehenden Stufe eine Keimzelle bilden und unter den Bedingungen, welche auf der nemlichen Stufe zur Ernährung und zum Wachsthum der Keimzellen gegeben sind, zur höheren Form entwickeln. Eine solche Produktion ist keine Entstehung aus einem „präformirten" Keime. Sie ist auch nicht vermittelt durch organische Zeugung in dem Sinne, welchen die Naturwissenschaft gewöhnlich mit diesem Worte verbindet. Denn diese betrachtet die Zeugung nur als eine Lebensthätigkeit der elterlichen Organismen, folglich auch den gezeugten Organismus nur als eine Fortsetzung des Lebens der nemlichen Organisationsstufe und erfordert bei ausgebildeten Geschlechtsgegensätzen zur Zeugung eine Vereinigung der beiden Geschlechter. Eine Production dagegen, bei der die gesteigerte Produktivität sich eines niederen Organismus zur Erzeugung eines höheren bedient, kann nur eine Urzeugung genannt werden, weil hiebei die gesteigerte Produktivität zu dem niederen Organismus sich auf gleiche Weise verhält, wie bei der Produktion der ersten Zelle die bes. Produktivität zum unorganischen Stoffe.

EE. Die Reiche in der organischen Natur.

§ 61.

Jede Einwirkung auf den Organismus enthält eine Bestimmung desselben. Das Ziel der organischen Natur ist also nach § 59 ein Organismus, welcher zur Aufhebung aller möglichen Bestimmungen bestimmt ist. Er muß daher auch allen möglichen Bestimmungen durch die allgemeine Produktivität ausgesetzt werden. Je mehr die organische Natur ihren Kreis erweitert, desto manigfaltiger werden die Bestimmungen, welche ihre Produkte durch die allgem. Produktivität erleiden, bis sie allen Bestimmungen derselben unterworfen sind. Hieran reihen sich die beiden Aufgaben der organischen Natur:

1) alle Bestimmungen des Organismus durch entgegengesetzte Bestimmungen desselben wieder aufzuheben und
2) den Organismus selbst zu dieser Aufhebung zu bestimmen.

Die Verschiedenheit dieser beiden Aufgaben bildet den Grund der zwei gesonderten Reiche der organischen Natur, nemlich des Pflanzen- und Thierreiches.

Mit der vollendeten Organisation tritt der Mensch in die Schöpfung. In ihm ist die bes. Produktivität zur Freiheit gelangt. Dieser Vorzug erhebt ihn nicht bloß auf die höchste Stufe der organischen Natur, sondern macht ihn zugleich auch zum Ausgangspunkte einer höheren Welt. Obwohl er seiner Organisation nach zum Thierreiche gehört, müssen wir ihm daher nach beiden Naturreichen noch eine besondere Betrachtung widmen. Mit ihm schließt die Lehre von der Natur im Ganzen und eröffnet sich die Lehre vom Geiste.

aa) Das Pflanzenreich.

§ 62.

Unter der Pflanze verstehen wir einen solchen Organismus, welcher von der bes. Produktivität durch Aufhebung von Bestimmungen der allgem. Produktivität hervorgebracht, aber noch nicht selbst zur Aufhebung dieser Bestimmungen bestimmt ist. Das Leben der Pflanze besteht im Produziren organischer Stoffe. Sie wächst, solange sie lebt, und stirbt, wenn ihr das Wachsen unmöglich wird.

Das Wachsen geschieht durch die Produktion neuer Zellen,

welche sich in bestimmter Ordnung aneinander reihen. Dadurch entstehen die regelmäßigen Formen im Baue der Pflanzen und insbesondere der Blüten. In diesen Formen wiederholen sich die Gesetze der Krystallbildung, jedoch mit dem Unterschiede, daß sie nicht mehr, wie bei den Krystallen dem Raume allein angehören, sondern auch die zeitliche Entwicklung in sich darstellen. Der Stamm oder Stiel der Pflanze entspricht der Hauptaxe der Krystalle, bildet aber eine Linie, welche sich unendlich verlängern kann. Die übrigen Bestandtheile der Pflanzenformen sind durch Radien bestimmt, welche senkrecht von der Stammlinie ausgehen (Orthostiche) und sich nach gewissen Abständen wiederholen oder spiralförmig emporwinden. Auch hier ist jede Form durch ein einheitliches Wirken der 3 M von der Mitte aus bestimmt (vgl. § 19 Z. 1), aber quantitativ nicht mehr in einem abgeschlossenen, sondern in einem sich immer erneuernden Verhältnisse. Eine ähnliche Erneuerung findet zwar auch bei dem Fortwachsen der Krystalle Statt, und in Folge dessen nehmen auch diese den Gewächsen des Pflanzenreiches ähnliche Formen an, wie wir sie bei dem Anschießen des Eises an Stubenfenstern und den dendrisch gewachsenen Krystallen mancher Metalle beobachten. Der wesentliche Unterschied besteht aber immer darin, daß die in der Krystallisation wirkenden Kräfte bereits einem Stoffe angehören, welcher dadurch nur eine neue Form erhält, während die Lebensthätigkeit der Pflanze darauf gerichtet ist, immer neuen Stoff in der organischen Form hervorzubringen.

bb) Das Thierreich.

αα) Unterschied zwischen Thier und Pflanze.

§ 63.

Das Thierreich steht zwar im Ganzen höher als das Pflanzenreich. Beide bilden aber nicht eine fortlaufende Reihe, so daß sich die niederste Thierstufe an die höchste Pflanzenstufe anschließen würde, sondern die Natur beginnt beim Thierreiche eine neue Entwicklung. Die Anfänge beider Reiche verlieren sich in einander, so daß sie sich nicht mehr ausscheiden lassen. Häckel glaubte deshalb die bisher übliche Eintheilung der organischen Natur in Pflanzen und Thiere aufgeben und jene niedersten Organismen, welche ebenso gut zu den einen wie zu den andern

gerechnet werden können, als ein drittes Reich ausscheiden zu sollen, welches er das der „Protisten“ nannte.

Im Zusammenhange hiemit steht die Schwierigkeit, welcher man in neuerer Zeit begegnete, wenn es sich darum handelte, ein durchgreifendes Merkmal zur Bestimmung des Unterschiedes der Begriffe von Pflanze und Thier ausfindig zu machen. In der Naturgeschichte ist diese Aufgabe noch ungelöst. Diejenigen Merkmale, welche sich der gewöhnlichen Betrachtung zunächst als Unterschiede darstellen, nemlich Bewegung und Empfindung können als solche nicht mehr festgehalten werden.

Die Bewegung ist auch dem Pflanzenreiche nicht fremd. Abgesehen von den bekannten Irritabilitätserscheinungen bei vielen Pflanzen, z. B. der berberis vulgaris, mimosa pudica, dionaea muscipula, hedysarum gyrans, hat man in neuerer Zeit bei den Samenfäden der Moose, dann an den Fortpflanzungszellen der Wasseralgen und Wasserpilze Drehungsbewegungen wie bei den Infusionsthierchen gefunden. — Wollte man es versuchen, den Unterschied in der Weise festzuhalten, daß man die an den Pflanzen beobachteten Bewegungen als nur durch äußere Reize hervorgerufen betrachtet und zum Merkmale des Thieres eine willkührliche Bewegung verlangt, so bliebe die Sache damit nicht minder unbestimmt. Denn solche Bewegungen, welche nur durch äußere Reize hervorgerufen werden, finden sich auch an den Thieren. Man nennt sie hier Reflexbewegungen. Nun vermochte aber bisher Niemand die Grenze zwischen diesen und den sogen. willkührlichen Bewegungen genau zu bestimmen, und nach den schwankenden Definitionen, welche man hierüber aufgestellt hat, steht sehr dahin, ob nicht am Ende alle Bewegungen der Thiere, selbst der höchsten, unter den Reflexbewegungen begriffen werden können.

Ob ein anderes Wesen irgend etwas empfindet, kann nicht Gegenstand unserer unmittelbaren Erfahrung seyn. Woraus wollen wir also erkennen, ob ein Thier überhaupt Empfindungen hat? Etwa daraus, daß es Sinnorgane besitzt, welche den unsrigen ähnlich sind? Aber nicht alle Thiere haben Sinnorgane. An den Infusorien und vielen Eingeweidewürmern konnten solche bisher nicht wahrgenommen werden. Auch den Polypen und einem Theile der Mollusken fehlen sie. Oder sollen wir die Empfindung aus den Bewegungen schließen? z. B. daraus, daß das Thier sich

zu einem Gegenstande hinbewegt, den es als Nahrung braucht? Dann wäre die Annahme einer Empfindung ebenso gerechtfertigt, wenn eine Pflanze ihre Blüte der Sonne zuwendet, und wir könnten am Ende auch den ungleichnamigen Polen zweier Magnetnadeln, wenn sie sich aneinander nähern, eine Empfindung für einander beilegen. — Die Empiriker haben entweder keinen anderen Begriff von der Empfindung als den ihrer eigenen, inneren Erfahrung. In diesem Sinne beruht die Empfindung auf freier Thätigkeit[1]) und der Begriff paßt nur auf die menschliche Empfindung. Oder sie halten sich an die äußere Erfahrung und suchen die Empfindung aus den allgemeinen Gesetzen der Wechselwirkung zu erklären. Dann wird die Definition so weit, daß sie jedenfalls kein auf die Thiere beschränktes Unterscheidungsmerkmal mehr zu liefern vermag.

Der wesentliche Unterschied zwischen Thier und Pflanze hat sich uns im § 61 aus unserem Prinzip von selbst ergeben. Das Thier hat mit der Pflanze gemein, daß in ihm jede Bestimmung von außen durch eine entgegengesetzte Bestimmung von innen wieder aufgehoben wird. Es unterscheidet sich aber von ihr dadurch, daß es selbst mehr oder minder zu dieser Aufhebung bestimmt ist. Während in der Pflanze dieses Geschäft von der bes. Produktivität allein verrichtet wird, diese sich als Ursache verbirgt und ihre Wirkung nur in der Entstehung und dem Wachsthume der Pflanze äußert, tritt beim Thiere die Aufhebung im Produkte selbst als eine Verrichtung desselben hervor, so daß der Organismus zugleich als Aufhebungsursache erscheint.

ββ) Thierische Organisation.

§ 64.

Um eine Bestimmung im Organismus aufheben zu können, muß sie in ihm gesetzt seyn, und insoweit der Organismus selbst eine solche Bestimmung aufheben soll, darf er derselben nicht unterliegen. Der thierische Organismus kann also den äußeren Bestimmungen immer nur theilweise unterliegen und muß theilweise davon frei bleiben. Der frei gebliebene Theil kann ferner den der Bestimmung unterlegenen nur dadurch von dieser befreien, daß er ihn auf entgegengesetzte Weise bestimmt,

[1]) Vgl. die Anal. §. 29.

und um ihn überhaupt bestimmen zu können, muß er ihm übergeordnet seyn.

Auch im Thiere genießt zwar jede Zelle eine gewisse Selbständigkeit. Sie ist Quelle einer besonderen Thätigkeit, durch welche sie zur Erfüllung der Gesammtaufgabe des Organismus einen eigenen Beitrag liefert. Damit ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß die eine Zelle ihre Thätigkeit auf die andere erstreckt und die Zellen selbst unter einander sich als bestimmend und bestimmbar verhalten. Dadurch daß die einen Zellen fortdauernd auf die anderen wirken und diese eine fortdauernde Empfänglichkeit hiefür annehmen, entsteht ein Verhältniß von Organen, welche einander über- und untergeordnet sind. In der Pflanze sind die einzelnen Zellen im Allgemeinen einander coordinirt. Ihr Verkehr unter einander besteht hauptsächlich darin, daß sie unter einander den Umlauf der Säfte vermitteln. Jede von ihnen ist darum auch mehr oder minder geeignet, die verschiedenen Lebensverrichtungen des Athmens, der Ernährung und Fortpflanzung für sich allein vorzunehmen. Im Thiere dagegen bildet sich durch die Ueber- und Unterordnung verschiedener Zellen zu dem Zwecke einer und der nemlichen Verrichtung ein ganzes System von Organen, wodurch die Natur strebt, eine bestimmte Art der Lebensthätigkeit für den ganzen Organismus einheitlich zu verbinden und die verschiedenen Arten der Lebensthätigkeit unter verschiedene Organe zu vertheilen. Je weiter die Organisation fortschreitet, desto reicher wird der thierische Organismus an Organen und desto zusammengesetzter und abgegliederter wird jedes einzelne Organ.

Der thierische Organismus soll zur Aufhebung aller möglichen Bestimmungen bestimmt werden. Die bestimmenden Organe müssen also die Bedingungen zur Aufhebung aller möglichen Bestimmungen annehmen, und dieses ist erst dann der Fall, wenn ihre Thätigkeit dem Zusammenwirken der reinen Elemente in der bes. Produktivität gleich geworden ist. Die bestimmenden Organe müssen daher in allen Systemen gleichartig ausgebildet und einem höchsten Organe untergeordnet werden, welches im Stande ist, alle Wirkungen dieser Elemente hervorzubringen. Als bestimmende Organe entwickeln sich schon bei niederen Thieren die Nerven. Je weiter wir aufwärts steigen, desto mehr finden wir die Nerven systematisch verbunden, um in sich einen Mittel-

punkt zu gewinnen und sich diesem unterzuordnen. Sie bilden zuerst Anschwellungen zu verschiedenen Knoten. Aus diesen entwickelt sich dann allmählig, theils durch Vereinigung mehrerer, theils durch stärkere Ausbildung einzelner Knoten als Centralorgan das Gehirn, welches bis zum Menschen hinauf selbst wieder an innerer Entwicklung zunimmt. Das Gehirn genießt zwar keine volle Souveränität. Es bedarf der Ernährung und befindet sich dadurch in Abhängigkeit vom Blutumlaufe. Es ist aber doch unstreitig im ganzen Organismus das höchste Organ und, soweit seine Herrschaft reicht, dazu bestimmt, dem gesammten übrigen Organismus gegenüber die Stelle der bes. Produktivität zu vertreten. Seine Einrichtung kann nur dazu dienen, es immer vollkommener zur Erfüllung dieser Aufgabe zu befähigen. — Die bes. Produktivität enthält endlich ebenso das Vermögen, den Raum zu produziren, wie die allgem. Produktivität (§ 7). Sie ist darum im Organismus ebensowenig wie diese im Universum dem Raume unterworfen. Nur das Wirken der Organe ist an den Raum gebunden; die bes. Produktivität wirkt im Organismus allgegenwärtig. Wir haben daher weder nöthig mit Lotze im Gehirne wieder einen Centralpunkt anzunehmen, welcher als der „Sitz der Seele" bezeichnet wird, noch mit J. H. Fichte die Seele selbst als ein räumliches Wesen zu betrachten.

Eine übergeordnete Zelle kann auf die ihr untergeordnete wirken, indem sie in dieser entweder die +M oder die —M vermehrt. Je nachdem dadurch die Form eines Organs verändert oder das Organ durch Aufhebung äußerer Einwirkung unverändert erhalten wird, entsteht Bewegung oder Empfindung.

γγ) Thierische Bewegung.

§ 65.

Wenn sich auch die Bewegung nicht als durchgreifendes Unterscheidungsmerkmal zwischen Thier und Pflanze aufstellen läßt (§ 63), so ist doch ihre allgemeine Erscheinung im Thierreiche ein unverkennbares Zeichen höherer Lebensthätigkeit.

Jede Bewegung in einem Organe kann nur dadurch entstehen, daß sein Stoff durch +M ausgedehnt oder durch —M zusammengezogen wird. Schon in einfachen Zellen kann man abwechslungsweise eine Ausdehnung und Zusammenziehung nach gewissen Rich-

tungen beobachten, wodurch z. B. Blutkörperchen einzelne Körnchen pulverisirten Stoffes, welcher der sie umgebenden Flüssigkeit beigemischt ist, in sich ziehen und wieder ausstoßen. Bei den höheren Thieren ist die Bewegung an den Gegensatz verschiedener Organe, nemlich der Muskel und Nerven, gebunden. Die Thätigkeit der Nerven ist nach den Versuchen von Du-Bois-Reymond eine der Elektrizität ähnliche Kraft, und die Muskeln bestehen in lang gestreckten Zellen, welche nach Rollet spindelförmig in einander geschoben zu Faserbündeln vereiniget sind und durch die Nervenwirkung zusammengezogen werden. Der unthätige Muskel befindet sich in einem gestreckten und gespannten Zustande, so daß seine Enden weiter von einander entfernt sind, als in seiner natürlichen Lage, wenn er ausgeschnitten wird. In Thätigkeit versetzt, vermindert sich seine Elastizität und vermehrt sich seine Dehnbarkeit.[1]) Seine Streckung kann nur auf +M beruhen, und gibt ihm eine besondere Fähigkeit zur Kontraktion. Seine größere Dehnbarkeit in der Thätigkeit erhält er durch Vermehrung der +M und seine wirkliche Kontraktion geschieht durch —M. Hieraus erklärt sich, daß mit jeder Muskelkontraktion Wärmeentwicklung und Stoffbildung verbunden ist. Nach Helmholtz erhöht sich die Temperatur eines Froschschenkels bei einem 2 bis 3 Minuten langen Tetanisiren um $0{,}_{14}$ bis $0{,}_{18}{}^{0}$ C. Nach Liebig wird ferner der Muskel durch Aufnahme von Sauerstoff aus dem Blute kontraktionsfähig und durch seine Kontraktion Kohlensäure erzeugt.

ββ) Thierische Empfindung.

§ 66.

Der Weg, auf welchem die Natur den Kreis der Berührungspunkte zwischen der bes. und allgem. Produktivität vorzüglich erweitert und die thierischen Organismen nach und nach allen möglichen Bestimmungen aussetzt, ist die Entwicklung und Ausbildung der Sinnorgane.

Der Sinnesnerv endet in seinem peripherischen Verlaufe mit einem Organe, welches dazu eingerichtet ist, ihm die Bestimmung von außen gehörig mitzutheilen, und in seinem centralen Verlaufe mit einem Ganglion, durch welches die von außen in ihn gesetzte

[1]) Funke: Lehrbuch der Physiologie. Bd. I S. 865–866.

Bestimmung wieder aufgehoben wird. Im Ganglion hat sich die bes. Produktivität ein bestimmendes Organ höherer Art gebildet, durch welches sie auf den sensiblen Nerven ebenso bestimmend wirkt, wie der motorische Nerv auf den Muskel. Diese Wirkung kann Anfangs nur eine beschränkte seyn. Je mehr sich aber die bes. Produktivität steigert, desto mehr vermag sie bei ihrem Uebergange in das Produkt das Centralorgan auszubilden und desto mehr erweitert sich der Umfang, in welchem dieses bestimmend auf den Nerven zu wirken vermag.

Die Sinne umfassen alle Verhältnisse, in welchen der Organismus Einwirkungen von außen erleiden kann, so daß die Möglichkeit eines weiteren Sinnes, wodurch uns, wie manche Physiologen meinen, eine ganz neue Welt von Empfindungen aufgehen müßte, gar nicht mehr denkbar ist. Eine äußere Einwirkung kann der Organismus nur erleiden im Verkehre mit den 3 M der allgem. Produktivität, und diese können hiebei nur entweder in einem Stoffe gebunden seyn oder als freie Grundkräfte wirken. Sind sie im Stoffe gebunden und befinden sie sich in diesem auch unter einander im Gleichgewichte, dann entsteht die niederste Stufe der Empfindung durch den Tast- oder Gefühlssinn, welchem der Stoff nur durch seinen Widerstand die Unterschiede des Harten und Weichen sowie seine Schwere fühlbar macht. Ist das Gleichgewicht der +M und —M nur mechanisch aufgehoben und vermag die ±M noch ihre Verbindung im Stoffe aufrecht zu erhalten, dann entstehen die Aeußerungen der Elastizität, welche der Gefühls- und Gesichtssinn und bei gehöriger Schnelligkeit der Gehörssinn empfindet. Das Wirken der freien Grundkräfte in der Wärme und im Lichte empfindet der Gefühls- und Gesichtssinn, in der Elektrizität als bloßer Flächenanziehung gleichfalls der Gefühlssinn, als Spannung der von einem Körper angezogenen Atmosphäre dagegen der Geruchssinn und im chemischen Prozesse der Geschmackssinn. Das Wirken der Grundkräfte im Magnetismus enthält noch keine Bestimmung der +M durch die —M, sondern ist nur auf räumliche Annäherung oder Entfernung der Körper gerichtet. Es bedarf darum keines eigenen Sinnes, sondern fällt wie jede andere Bewegung unter diejenigen Sinne, welche zur Wahrnehmung räumlicher Verhältnisse überhaupt bestimmt sind, nemlich den Tast- und Gesichtssinn.

Die Sinne sind durchaus von der Zweckmäßigkeit beherrscht und stehen unter sich in einem Verhältnisse wechselseitiger Ergänzung, welches zur Zeit wegen der Lücken, welche die empirische Forschung namentlich über den Geruchs- und Geschmackssinn bisher noch nicht auszufüllen vermochte, noch nicht vollständig überblickt werden kann. Solange die Schwingungen eines elastischen Körpers so langsam geschehen, daß sie noch durch den Tastsinn oder Gesichtssinn unterschieden werden können, bedarf es für sie keines eigenen Sinnes. Das Gehör beginnt erst mit jener Schnelligkeit, welche jenen Sinnen das Unterscheiden unmöglich macht. Die Grenze für das Unterscheiden der höchsten Töne ist nicht fest bestimmt, sondern hängt von der individuellen Ausbildung des Organs und der Uebung ab. An die Schwingungen des Schalles reihen sich jene der Wärme, welche gleichfalls keinen eigenen Sinn in Anspruch nehmen, solange ihre Zahl nicht 400 Billionen in 1 Sekunde übersteigt. Der Gefühlssinn vermag bis dahin nur minder bestimmt die Intensität der Wärme durch die Weite der Schwingungen, nicht aber deren Abgemessenheit in der Dauer zu unterscheiden. Erst mit dem anbrechenden Lichte beginnt das Auge in den Farbenunterschieden eine ähnliche Unterscheidungsgabe zu entwickeln, wie das Ohr für die Unterschiede der Töne. Der Grund ist ohne Zweifel, weil erst mit der größeren Schnelligkeit der kleineren Wellen im Lichte die Schwingungen ein tauglicheres Erkenntnißmittel für die Unterschiede der Stoffe, namentlich in den festen Körpern werden. Die Grenze für die Sichtbarkeit der kürzesten Lichtwellen ist gleichfalls keine fest bestimmte, sondern von der individuellen Beschaffenheit des Organes abhängig. Uebrigens läßt sich im Allgemeinen nicht bezweifeln, daß auch die letzten Bestimmungen der +M durch die —M in den sogen. ultravioletten Strahlen noch von den Sehnerven aufgenommen und aufgehoben werden. Ihre Unsichtbarkeit ist gewöhnlich nur eine Folge davon, daß sie von den brechenden Medien nicht in hinlänglicher Stärke ausgeschieden werden. Nach Helmholtz kann man sie durch Prismen oder Linsen aus Quarz beinahe ganz sichtbar machen, und für ein empfindliches Auge werden sie vollkommen sichtbar, wenn sie eine gehörige Stärke erlangen und alles andere Licht ausgeschlossen wird. Sie erscheinen dann in grauer Farbe.

FF. Der Mensch.

§ 67.

Die bes. Produktivität kann nur solange durch die Produktion in den Organismus übergehen, bis das Centralorgan zur Ausübung aller möglichen Bestimmungen ausgebildet, sohin in seiner Thätigkeit vollkommen zur Produktivität erhoben ist. Durch die Steigerung der bes. Produktivität über dieses Maß entsteht dann im Organismus eine Produktivität, welche von der allgem. Produktivität nicht mehr erreicht wird, also auch keinen Grund mehr hat, in den Organismus überzugehen. Sie kann überhaupt nicht mehr von außen bestimmt werden, zu produziren, sondern wenn sie noch produzirt, so kann es nur mehr durch ausschließliche Verbindung ihrer eigenen M und durch freie Selbstbestimmung geschehen.

Im Menschen werden die 3 M der bes. Produktivität durch die Befreiung von der allgem. Produktivität zu denkenden Kräften. Dadurch daß das Centralorgan der bes. Produktivität unterworfen ist und diese durch das Centralorgan den Organismus zu Bewegungen bestimmen kann, erlangt der Mensch zugleich das Vermögen, freiwillig verändernd auf die Dinge außer ihm einzuwirken, und die 3 M erscheinen in ihm auch als wollende Kräfte. Die Einheit der 3 M in der auf dieser Stufe erhobenen bes. Produktivität nennt man die Seele des Menschen, und wenn sie durch „freie Selbstbestimmung" zum wirklichen Denken und Wollen übergeht, erhebt sich in ihm die Seele zum Geiste.

Die Seele geht, wie schon Plato lehrt, dem Leibe voraus. Sie muß, um zu Freiheit und zu sich selbst zu gelangen, im Zusammenwirken mit der allgemeinen Natur ihren Leib erbauen und ist eben deshalb, weil sie nur durch ihren Leib alle äußeren Bestimmungen überwinden und nur durch diese Ueberwindung sich zum Geiste erheben kann, solange sie im Leibe lebt, in ihrer geistigen Thätigkeit an die Erhaltung des Leibes gebunden. Verletzungen des Leibes und Störungen in den Funktionen seiner Organe erregen in uns mehr oder minder das Gefühl des Schmerzes und beschränken oder erschweren doch die Thätigkeit unseres Geistes. Einwirkungen auf das Gehirn, wodurch das-

selbe, wenn auch nur vorübergehend, unfähig wird, seine Aufgabe im Organismus zu erfüllen, versetzen uns in den Zustand gänzlicher Bewußtlosigkeit. Kann die Seele nur jene Kräfte zu bewußter Thätigkeit verwenden, welche ihr nach Ueberwindung aller äußeren Bestimmungen im Organismus übrig bleiben, dann begreift es sich von selbst, daß sie jede solche Thätigkeit solange unterlassen muß, als sie durch eine Störung im Organismus wieder den Bestimmungen durch die allgem. Produktivität Preis gegeben und deshalb genöthigt ist, alle ihre Kräfte vorerst auf die Wiederherstellung des Organismus zu verwenden. Auf die Frage, wie sich dieses Verhältniß nach dem Tode gestaltet, ist hier nicht einzugehen. Sie gehört in die Lehre vom Geiste.

Der Materialismus betrachtet die Sache umgekehrt. Nach ihm geht nicht die Seele dem Leibe, sondern der Leib der Seele voraus. Die Seele ist nichts als das Resultat des Zusammenwirkens der chemischen Kräfte aller im Leibe verbundenen Grundstoffe. Damit erhält die Abhängigkeit der Seele vom Leibe einen ganz anderen Sinn. Der Leib ist nicht bloß Bedingung ihrer Erhebung zum Geiste, sondern Ursache ihrer Entstehung und der Erscheinungen ihrer Geistesthätigkeit. Die Gedanken sollen Erzeugnisse des Gehirnes seyn und zu diesem „in demselben Verhältnisse" stehen, „wie die Galle zur Leber oder der Urin zu den Nieren." [1]) Moleschott glaubt gefunden zu haben, daß das Gehirn seinen Phosphorgehalt zum Denken verwendet. Er meint, vielleicht in der Art, daß dadurch Bewegungen im Gehirn entstehen, und definirt deshalb den Gedanken als eine „Bewegung der Stoffe." [2]) — Wer die Geistlosigkeit zum Prinzip erhebt, muß am Ende selbst geistlos werden. Er redet nur mehr wie eine Maschine, wenn ihm längst alle Gedanken ausgegangen sind. Oder was denkt etwa der noch, welcher vorgibt, sich einen Gedanken als ausgeschiedenen Stoff oder Stoffbewegung vorzustellen?

Die Sätze: „das Denken ist eine Funktion des Gehirnes" und „das Gehirn ist Denkorgan" haben ungeachtet ihrer offenbaren Unrichtigkeit in der Naturwissenschaft so tiefe Wurzeln geschlagen, daß es voraussichtlich einen harten Kampf kosten wird, sie darin

[1]) Karl Vogt: Physiologische Briefe II. Aufl. 1854. S. 439.

[2]) Kreislauf des Lebens. S. 439.

auszurotten. Auf eine physiologische Erforschung des Gehirnes sind diese Sätze nicht gestützt. Man sucht sie vielmehr nur indirekt aus folgenden Erfahrungsthatsachen zu beweisen:

1) Niemand könne unausgesetzt denken. Bei anhaltendem Denken trete Ermüdung und für das Gehirn das Bedürfniß nach Ruhe ein. Anstrengung im Denken erfordere für den Körper ebenso einen größeren Aufwand von Nahrung, wie vermehrte Muskelbewegung.

2) Schwächung des Gehirnes sey gewöhnlich auch mit Schwächung des Gedächtnisses verbunden und eine Störung im Gehirn oft auch mit einer Störung des Denkens. Bei jeder Geisteskrankheit entstehe eine pathologische Veränderung des Gehirnes, welche sich durch den Sektionsbefund nachweisen lasse. Man wird nicht müde, Fälle aufzuzählen, in welchen die Lähmung oder Zerstörung eines Theiles im Gehirne den Verlust des Denkvermögens oder doch des Vermögens zu einer bestimmten Art von Geistesthätigkeit, z. B. einer Kunst, der Kenntniß in dem Gebiete einer Wissenschaft, einer Sprache, deren man bis dahin kundig war, der Erinnerungen aus einer bestimmten Lebensperiode u. s. w. nach sich gezogen haben soll.

3) Einem stärkeren Denkvermögen entspreche immer auch nicht nur eine größere Masse des Gehirnes, sondern auch eine höhere Ausbildung desselben. Namentlich will man die Windungen in den beiden Großhirnhemisphären bei geistreichen Menschen und großen Denkern zahlreicher gefunden haben.

Alle diese Thatsachen beweisen jedoch nur, daß zwischen dem Gehirn und dem Denken *überhaupt* ein Zusammenhang stattfindet. Diesen Zusammenhang stellt man sich aber ganz unrichtig vor. Inwieferne das Gehirn eine nothwendige Voraussetzung bildet, ohne welche die Seele zu keiner Geistesthätigkeit gelangt, haben wir bereits gezeigt. *Ist* diese Voraussetzung gegeben und *hat* sich die Seele zum Denken erhoben, dann ist nicht das *Gehirn* die Ursache des Denkens, sondern umgekehrt verursacht das *Denken*, wenn auch nicht nothwendig und immer, so doch gewöhnlich Funktionen des Gehirnes, wodurch dasselbe den ihm untergebenen Organen gegenüber in Thätigkeit versetzt wird.

Unser Denken beginnt nemlich mit reproduktiven Bildern sinnlich wahrgenommener Gegenstände und verarbeitet den Inhalt

dieſer Bilder zu Begriffen, Urtheilen und Schlüſſen. Das reproduktive Bild entſteht durch Wiedererweckung einer vorausgegangenen ſinnlichen Vorſtellung, wobei wir nicht umhin können, den Beſtimmungszuſtand, durch welchen wir das Objekt empfunden haben, in uns zu erneuern, alſo auch das Organ, welches dieſem Beſtimmungszuſtande unterlag, in ſolchen zurückzuverſetzen.[3]) Dieſes geſchieht durch das Gehirn (§ 66). Die Denkthätigkeit ſelbſt iſt an kein Organ gebunden. Sie kann nur durch eine vollkommen freie Bewegung der 3 M zu Stande kommen. Jede Einmiſchung eines Stoffes wäre, wie ſchon Ariſtoteles bewies[4]), ein Hinderniß für das Denken und würde es geradezu vernichten. Soweit wir aber den Inhalt unſeres Denkens der äußeren Erfahrung entnehmen, muß das Gehirn mitwirken. Hieraus erklärt ſich die Ermüdung des Gehirns bei anhaltendem Denken, ſowie deſſen Zunahme an Maſſe und ſtärkere Ausbildung bei großer Denkfertigkeit. Die Uebung im Gebrauche des Gehirnes zur Gewinnung des empiriſchen Denkſtoffes wirkt auf die Entwicklung dieſes Organs ebenſo wie die gymnaſtiſche Uebung auf die Entwicklung der Muskeln.

Nur zum reinen Denken, welches ſeinen Stoff aus ſich ſelbſt nimmt, brauchen wir das Gehirn nicht in Anſpruch zu nehmen. Dieſes Denken iſt jedoch nur Sache des Philoſophen und auch dieſem nicht immer auf gleiche Weiſe möglich. Handelt es ſich darum, die Gegenſtände der äußeren Erfahrung auf die Elemente des reinen Denkens zurückzuführen, — (und darin beſteht die Hauptaufgabe der Philoſophie) — dann bewegt ſich der Philoſoph nicht bloß im reinen Denken, ſondern er verbindet das reine Denken mit dem empiriſchen, und dieſe Verbindung erfordert, weil ſie erſt nach Erreichung der höchſten Stufe des empiriſchen Denkens geſchehen kann, die größte Anſtrengung im Denken. Hat aber der Philoſoph dieſe Aufgabe einmal gelöſt, dann kann er ſich auf die Betrachtung der Dinge im reinen Denken allein beſchränken, und dieſes Denken koſtet ihm keine Mühe mehr. Seine ganze Erkenntniß iſt in einen einzigen Gedanken aufgelöſt, in welchem er den Zuſammenhang aller Dinge

[3]) Vgl. die Anal. § 45.
[4]) De anima III cap. 4.

wie mit einem Blicke überschaut. In diesem Denken erst läßt der Geist das Gehirn völlig unberührt.

Schwächungen und Störungen des Gehirns wirken zunächst auf das Erinnerungsvermögen und hindern das Denken, weil sie ihm Stoff entziehen. — Das Bisherige legt ferner von selbst schon die Vermuthung nahe, daß zwischen den Geisteskrankheiten und der Gehirnbeschaffenheit ein Zusammenhang stattfinden müsse. Ueber die Art dieses Zusammenhanges ist jedoch die Empirie noch zu gar keiner Sicherheit gelangt.[5]) Nach dem Berichte über die k. k. Irrenanstalt in Wien von Brosius haben sich in vielen Fällen bei der Sektion Geisteskranker keine pathologischen Veränderungen des Gehirns gefunden.[6]) Brosius betrachtet solche Veränderungen überhaupt nur als „die Wirkungen und Ausgänge der Gehirnkrankheit, welche dem Irreseyn zu Grunde lag". „Daher", sagt er, „findet man bei frühzeitigem Tode der Irren in der Regel Nichts. Wir haben allerdings fast immer, in 68 Fällen über 60mal, bei den Sektionen etwas gefunden, aber zwischen dem Befund und seiner Bedeutung ist noch ein Unterschied. Will man alle und jede Abweichung, auch die geringste, als den materiellen Grund des Irreseyns betrachten, dann geht zuletzt jeder Unterschied zwischen dem Gehirn Irrer und Nichtirrer verloren; denn es gibt wohl gar kein Gehirn, woran sich nicht wenigstens eine kleine Abnormität findet."[7]) Die Erforschung des Ursprungs der Geisteskrankheiten würde beweisen, daß nicht bloß eine fehlerhafte Beschaffenheit des Gehirns störend auf die Geistesthätigkeit wirken, sondern auch eine fehlerhafte Geistesthätigkeit Störungen im Gehirne hervorbringen kann. Hiezu eröffnet sich jedoch der Weg erst in der Lehre vom Geiste. Hier war es uns nur darum zu thun, den Begriff der menschlichen Seele, wie wir ihn bestimmt haben, gegen die gewöhnlichen Einwendungen der Physiologen sicher zu stellen.

[5]) Valentin: „Lehrbuch der Physiologie des Menschen." Bd. II S. 566.
[6]) „Psychiatrische Abhandlungen" Heft I S. 37.
[7]) A. a. O. S. 49.

Druck von G. J. Manz in München.